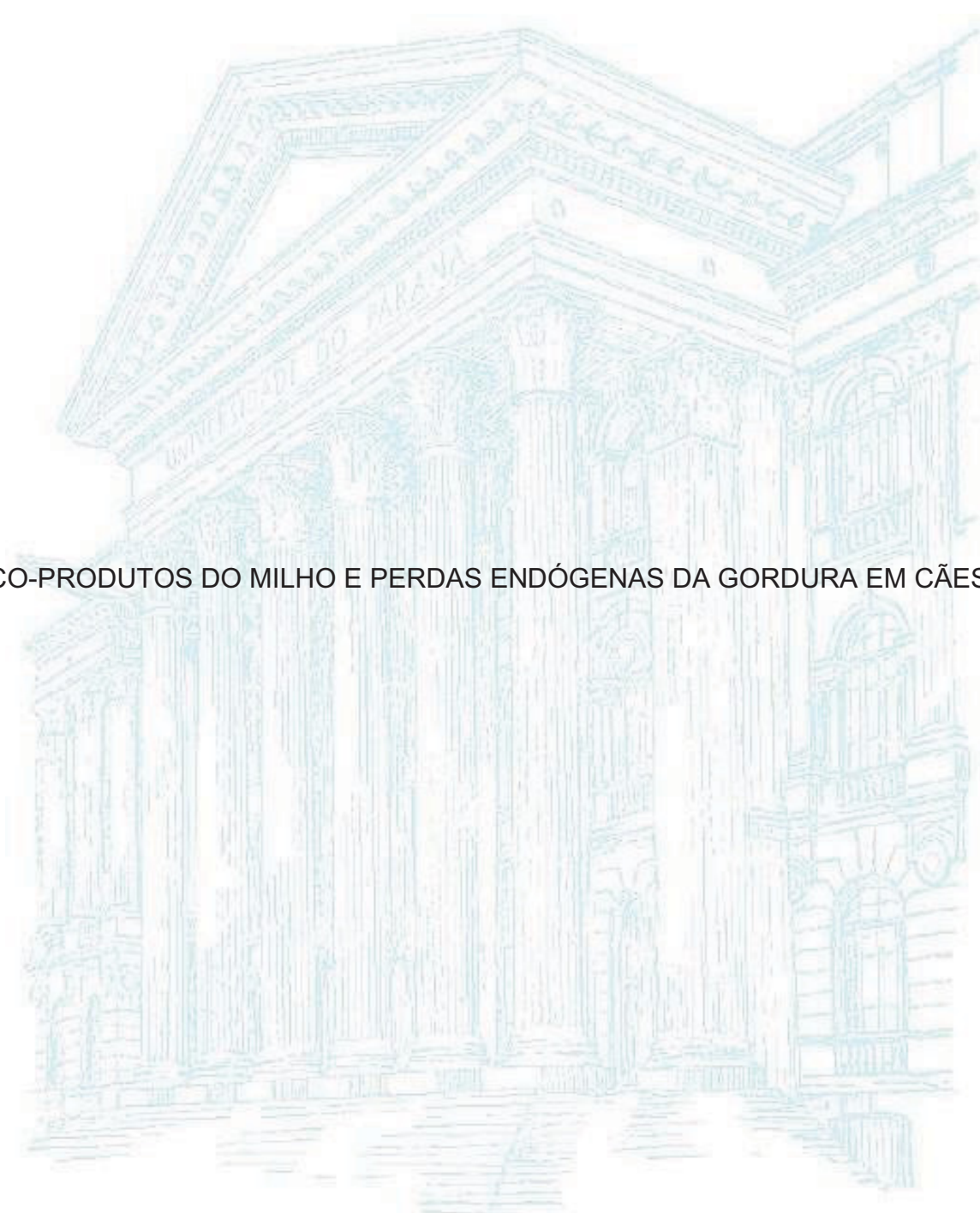


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
TABYTA TAMARA SABCHUK

CO-PRODUTOS DO MILHO E PERDAS ENDÓGENAS DA GORDURA EM CÃES



Curitiba
2018

TABYTA TAMARA SABCHUK

CO-PRODUTOS DO MILHO E PERDAS ENDÓGENAS DA GORDURA EM CÃES

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisitos parcial à obtenção de Título de Doutor em Zootecnia.

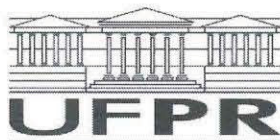
Orientador: Prof Dra. Simone Gisele de Oliveira
Co-orientador: Prof Dra. Ananda P. Félix

Curitiba
2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR -
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, DOUGLAS ALEX JANKOSKI CRB 9/1167
COM OS DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

S114c Sabchuk, Tabyta Tamara
Co-produtos do milho e perdas endógenas da gordura
em cães / Tabyta Tamara Sabchuk. - Curitiba, 2018.
87 f. : grafs., tabs.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná.
Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia.
Orientadora: Simone Gisele de Oliveira
Coorientadora: Ananda Portella Félix
1. Cães – Nutrição. 2. Cão – Alimentação e rações. 3.
Nutrição animal. 4. Milho. I. Oliveira, Simone Gisele de. II.
Félix, Ananda Portella. III. Título. IV. Universidade Federal
do Paraná.

CDU 636.4:633.15



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **TABYTA TAMARA SABCHUK** intitulada: **Co-produtos do milho e perdas endógenas da gordura em cães**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 19 de Março de 2018.


SIMONE GISELE DE OLIVEIRA

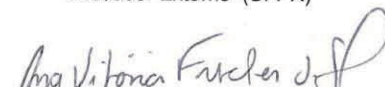
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


FABIANO DAHLKE

Avaliador Externo (UFSC)


CHAYANE DA ROCHA

Avaliador Externo (UFPR)


ANA VITORIA FISCHER DA SILVA

Avaliador Externo (UFPR)



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias
Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA SCA

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo no. 037/2014, referente ao projeto "Avaliação de co-produtos de milho para cães", sob a responsabilidade de Tabyta Tamara Sabchuk, na forma em que foi apresentado (uso de 16 cães da raça beagle), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias, em reunião realizada dia 31 de julho de 2014.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 037/2014, regarding the project "Evaluation of corn co-products for dogs", under Tabyta Tamara Sabchuk's supervision, in the terms it was presented (use of 16 beagle dogs), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of Paraná, Brazil) during session on July 31st, 2014.

Curitiba, 31 de Julho de 2014.

Ricardo Guilherme D'Ottaviano de Castro Vilani
Presidente

Ananda Portella Félix
Vice-Presidente

Comissão de Ética no Uso de Animais
Setor de Ciências Agrárias
Universidade Federal do Paraná.

Dedico:

*Ao meu querido esposo e companheiro de todas as
aventuras da vida, Luis Henrique*

*A toda minha família, meus pais, minha irmã, cunhado e
sobrinha.*

Aos meus amigos,

*Aos meus mestres e amigos que sempre me orientaram na
vida acadêmica, profissional e pessoal.*

Aos cães, meus fiéis companheiros.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e pelas oportunidades concedidas.

Ao meu amigo e amado esposo Luís que sempre esteve ao meu lado, do período de incertezas da época do vestibular, me buscando todas as noites depois das aulas. Durante o período da graduação e mestrado, sempre esteve ao meu lado me apoiando. Durante o doutorado, me incentivou, acreditou nos meus sonhos, e aceitou a aventura do doutorado sanduíche, passar 1 ano longe do Brasil. A você meu companheiro de vida só tenho a agradecer por todo apoio e dedicação. Te amo muito!!!

Aos meus pais, Angela e Glaucio, que muitas vezes abriram mão do próprio bem estar para poder dar a nós uma boa educação. Agradeço todos os dias pelos pais que são, quero passar aos meus filhos o mesmo carinho e dedicação que vocês tiveram comigo e com a Talyta. Amo vocês!!

À minha irmã, Taly e sua linda família, Paulinho e Maluzinha. Sei que não estive muitas vezes por perto, e vocês sempre entenderam e me apoiaram! E continuaram a me incentivar! Amo vocês!

À toda a minha família que sempre me apoiou.

À minha querida professora, orientadora e amiga Simone G. de Oliveira. Que me acompanha desde da graduação. Deu bronca quando precisou, incentivou quando percebeu que eu precisava, foi amiga, psicóloga algumas vezes! Sempre me estimulando e acreditando no meu potencial. Só tenho a agradecer por todas as orientações profissionais e da vida!!!!

Ao professor Alex, meu primeiro orientador na graduação, foi o primeiro a me dar oportunidade e acreditar no meu potencial! Obrigada pelos conselhos e broncas, com certeza aprendi muito ao longo desses anos!

À professor Ananda, além de amiga desde do meu primeiro semestre na graduação, tive o prazer de ser orientada. Obrigada por todos os aprendizados. Por ter acreditado no meu potencial e sempre estar por perto quando precisei.

À Cleusinha, uma mãe, amiga, conselheira, colega de doutorado, parceira para tudo. Sempre presente, muito disposta à ajudar sempre. Obrigada por sempre estar quando mais precisei, com um sorriso no rosto e um abraço gostoso.

À equipe do LNA, Marcelo, Rui, Hair, Aldo, Cleusa e aos estagiários que passaram por lá durante todos esses anos. Por todo o aprendizado, pelos auxílios nas análises, pelas residas, cafés e conversas. Com certeza fizeram as manhã e tardes em que passei no laboratório, muito mais agradáveis.

Às colegas de grupo, amigas, confidentes, parceiras de todas atividades, abates, mutirões, churrascos, tardes no laboratório, Chay, Dani, Cami, Josinha e Mari.

Aos meus amigos Vini, Massu e Lucas pela parceria sempre. As longas conversas no LEPNAN, cafés, chimarrão! Sempre dispostos a ouvir, ajudar e animar! Obrigada pela parceria sempre!!!

Ao pessoal da pós Fabi, Thiago, Drica, Mel, Nay, Doriê, Gis, Carol, Lari por sempre estarem prontas a me ajudar. Obrigada por todo carinho!!!

À todos os estagiários que passaram pelo LENUCAN e que sempre me ajudaram. Em especial a Taís, Marley, Alina, Rafa, Ju, Guilherme e Keyla.

À todos e todas colegas e amigos do LEPNAN e LENUCAN, que passaram pelo grupo nesses 11 anos!

À professora Andréia Bianchini, pela oportunidade em fazer parte do doutorado na Universidade de Nebraska. Muito obrigada por todos os aprendizados!

Aos professores do departamento de Food Science and Technology, em especial aos professores Jane Stratton e Devin Rose.

Aos amigos que fiz na Universidade de Nebraska, em especial ao Rodrigo, Luis, Bismark, Ana, Raysa, Brandon, Erick, Emily, Sandrayee, Carla, Maria Ximena, Ana e Josué!!! Obrigada pela paciência, amizade, troca de experiências, aprendi não apenas sobre Food Science, mas também sobre cada cultura e particularidades de cada um!!!

À Capes pela bolsa, no Brasil e exterior.

À todas as empresas que contribuíram para a realização dos experimentos: BRF, Cargill, Kowalski, Quimtia e VB Alimentos.

Aos cães do LENUCAN por todo o carinho e lealdade sempre, fizeram dos meus dias mais felizes com toda certeza! Nos dias mais cansativos sempre foram minha inspiração em continuar o trabalho!

Aos meus companheiros Pipoca, Pitty e Neguinho pelo amor incondicional!!!

À Deus por me guiar e iluminar meus caminhos!!

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt

RESUMO

Há demanda de conhecimento na nutrição de cães, seja pela busca de ingredientes viáveis e em quais níveis são seguros para utilizá-los, para melhor entender o metabolismo de cada nutriente, ou para aprimorar a exigência nutricional desses animais. Como por exemplo, a partir do milho, podem-se originar vários co-produtos com características distintas. Nesse contexto, o trabalho engloba a realização de três experimentos. No primeiro capítulo, objetivou avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de óleo de milho (0%, 4%, 8% e 12%) no coeficiente de digestibilidade aparente (CDA), na digestibilidade do ingrediente e palatabilidade dessas dietas para cães. Para isso, foram realizados 3 experimentos, no primeiro os níveis de óleo de milho (OM) 4, 8 e 12% foram adicionados em substituição ao óleo de vísceras de frango (OV). Foi também analisado a digestibilidade do OM, utilizando o método de substituição. A palatabilidade foi avaliada, por meio da primeira escolha (PE) e razão de ingestão (RI) da dieta com OV vs OM com e sem palatilizante. No terceiro capítulo, o objetivo foi estimar o valor de perdas endógenas (VPE) da gordura em cães Beagles adultos e filhotes, bem como estimar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) e coeficiente de digestibilidade verdadeira (CDV). Foram utilizados 16 cães Beagles filhotes (5 meses) e 8 cães Beagles adultos ($6 \pm 0,2$ anos). Foi formulada uma dieta basal e nela adicionados crescentes níveis de OV (6%, 12% e 18%). O VPE foi estimado utilizando dois métodos (mg de EEA/kg PC/dia e g/kg de matéria seca ingerida, IMS), com regressão hiperbólica e linear, respectivamente. No quarto capítulo, o objetivo foi avaliar a inclusão de gérmen de milho integral (GI) e desengordurado (GD) com e sem um complexo enzimático (CE), na digestibilidade e palatabilidade em dietas para cães adultos. Foram avaliadas seis dietas, o GD e GI, foram incluídos em 20% em substituição ao milho. Seis cães adultos foram utilizados e distribuídos em quadrado latino. No segundo capítulo, o CDA, EM, características das fezes e digestibilidade do extrato etéreo (EEA) do ingrediente não diferiram entre as dietas com OM e OV ($P>0,05$). A inclusão de OM não influenciou a PE e RI ($P>0,05$). No terceiro capítulo, o VPE dos cães adultos foi menor do que cães filhotes em ambas as metodologias, 138 mg e de 262 mg de gordura/kg de PC/dia (método hiperbólico) 7,89 g/kg de MS ingerida e 8,97 g/kg de MS ingerida, respectivamente. O CDV dos cães filhotes tiveram os maiores valores quando comparados com adultos ($P<0,05$). Já no quarto capítulo, com a inclusão do CE foram observadas melhoria do CDA da MS, energia bruta (EB) e energia metabolizável (EM, $P<0,05$). No entanto, não foram observadas diferenças nas características fecais ($P>0,05$). Desta forma, conclui-se que o óleo de milho tem potencial para ser utilizado em dietas para cães. Os CDA e coeficiente da gordura foram maiores em cães em crescimento do que em adultos (5 meses vs. 6 anos de idade). O VPE de cães filhotes é maior do que cães adultos. Com a inclusão do CE houve melhora da digestibilidade dos nutrientes.

Palavras-chave: complexo enzimático, digestibilidade do ingrediente, metabolismo da gordura, óleo e milho, gérmen de milho.

ABSTRACT

There is a demand for knowledge in dog nutrition, through research of viable ingredients and at what levels are safe to use, to better understand the metabolism of each nutrient, or to improve the nutritional requirement of the animals. In this context, the thesis involves the accomplishment of three experiments. In the second chapter, the aim was to evaluate the effect of the inclusion of increasing levels of corn oil (CO, 0%, 4%, 8% and 12%) in the coefficient of total tract apparent digestibility (CTTAD, %), in the digestibility of the ingredient and palatability of these diets for dogs. In This way, 3 experiments were carried out, in the first the levels of maize oil (CO) 4, 8 and 12% were added instead of poultry fat (PF). The digestibility of CO was also analyzed using the substitution method. The palatability was evaluated by first choice (FC) and ratio of ingestion (RI) of the diet with OV vs OM with and without palatabilizer. In the third chapter, the aim was to estimate the value of endogenous fat loss (EFL), in adult Beagle dogs and puppies, as well as to estimate the CTTAD and coefficient of true digestibility (CTD) of fat was calculated. A total of 16 puppies (5 months) and 8 adult dogs (6 ± 0.2 years). A basal diet was formulated, to which increasing levels (6%, 12% and 18%) of poultry fat oil (POF) were added, totalizing four diets. Endogenous fat losses were estimated using hyperbolic and linear regression as a function of LW/d and dry matter (DM) intake, respectively. In the fourth chapter, the aim was to evaluate the inclusion of whole (WG) and defatted (DG) germ with and without an enzymatic complex (EC), in digestibility and palatability in diets for adult dogs. Were evaluated six diets, the WG and DG, were included in 20% of corn substitution. Six adult dogs were used and distributed in Latin square. In the second chapter, the CTTAD, MS, feces characteristics and digestibility of the ethereal extract (EEA) of the ingredient did not differ between OM and OV diets ($P > 0.05$). In the second chapter, the CTTAD, fecal characteristics and EEA digestibility of the ingredient did not differ between CO and PF diets ($P > 0.05$). Inclusion of OM did not influence PE and RI ($P > 0.05$). In the third chapter, the value of endogenous fat losses of adult dogs was lower than puppies in both methodologies, 138 mg and 262 mg fat / kg BW / day (hyperbolic method) 7.89 g / kg ingested DM and 8.97 g / kg of ingested DM, respectively. The true digestibility of

puppies had the highest values when compared with adults ($P < 0.05$). At last, in the fourth chapter, with the inclusion of the enzymatic complex, the CTTAD of DM, GE and CP was higher than the control diet ($P < 0.05$). No differences in fecal characteristics were observed ($P > 0.05$). We concluded that corn oil has the potential to be used in diets for dogs. The CTTAD and fat coefficient were higher in growing dogs than in adults (5 months vs. 6 years of age). The EFL of puppies is larger than adult dogs. With the inclusion of CE, there was an improvement in nutrient digestibility.

Keywords: enzymatic complex, ingredient digestibility, fat metabolism, corn oil, corn germe, endogenous fat loss.

LISTA DE TABELAS

Capítulo II - Óleo bruto de milho como fonte de gordura para cães

Tabela 1. Composição química e analisada (%) das dietas.	35
Tabela 2. Análises realizadas no óleo de milho bruto.....	37
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos, em % de ácidos graxos totais e energia bruta em kcal/kg do óleo de milho	38
Tabela 4. Ingredientes, composição química analisada (%) e nível de energia metabolizável calculadas das dietas controle (DC, com 8%de sebo bovino), com 8% óleo de milho (OM) e com 8% de óleo de vísceras de frango (OV).....	40
Tabela 5. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) dos nutrientes e características fecais de cães alimentados com dietas contendo óleo de vísceras (OV, Dieta controle), 4OM (8% OV e 4% de óleo de milho, OM), 8OM (4% OV e 8 % de óleo de milho, OM) e 12OM (12% de OM).	43
Tabela 6. Características fecais de cães alimentados com dietas contendo óleo de vísceras (OV, Dieta controle), 4OM (8% OV e 4% de óleo de milho, OM), 8OM (4% OV e 8% de óleo de milho, OM) e 12OM (12% de OM).	43
Tabela 7. Média do coeficiente de digestibilidade aparente (CAD, %) da MS, extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA), EB e EM (kcal/kg) do óleo de milho e óleo de vísceras.	44
Tabela 8. Características fecais de cães alimentados com a dieta controle (DC, sebo bovino), OM (óleo de milho) e óleo de vísceras (OV).....	44
Tabela 9. Número de primeira visita ao pote com a dieta A (n) e razão de ingestão (RI + erro padrão) de cães alimentados com a dieta controle (com óleo de vísceras sem palatilizante/DCSP e com/ DCCP) e dieta com óleo de milho (sem palatilizante/OMSP e com/ OMCP).....	44

Capítulo III. Perdas endógenas, digestibilidade verdadeira e aparente de cães adultos e filhotes alimentados com dietas contendo óleo de vísceras de frango

Tabela 1. Ingredientes e composição química analisada e calculada da dieta controle (DC) e das dietas contendo níveis de óleo de vísceras.	56
Tabela 2. Médias de ingestão de MS (IMS, g/d/kg PC ^{0,75}), ingestão de gordura g/d/kg de PC ^{0,75} (IEEA) e ingestão de EM (IEM Kcal EM/kg/PC ^{0,75} /d) de cães adultos e filhotes	

alimentados com uma dieta basal (DB) e com níveis crescentes de inclusão de óleo de vísceras (OV) na dieta basal.	59
Tabela 3. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA, %) da MS, PB, extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA), EB e EM de cães adultos e filhotes alimentados com a dieta controle (DC) e dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras (OV).	60
Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade verdadeira (CDV, %) do EEA e relação da perda endógena (VPE) com a ingestão diária de gordura de cães adultos e filhotes alimentados com a dieta basal (DB) e dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras (OV).	64
Tabela 5. Produção fecal na matéria natural (PF MN, g/KG PC ^{0,75} /d), PF na MS (PF MS, g/kg PC ^{0,75} /d), fecal DM (MSf, %), escore fecal, gramas de EEA excretada nas fezes (EEA fezes, g/ kg PC ^{0,75} /d), nitrogênio amoniacal (NH ₃ , %) e pH de cães adultos e filhotes alimentados com a dieta controle (DC) e dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras (OV).	65

Capítulo IV - Uso do gérmen de milho integral e desengordurado, com e sem inclusão de complexo enzimático, em dietas para cães

Tabela 1. Ingredientes das dietas experimentais.	79
Tabela 2. Composição química analisada (% de matéria seca) dos ingredientes e das dietas experimentais.	80
Tabela 3. Análise química das frações dos polissacarídeos não amiláceos (PNA) presentes no gérmen integral (GI), gérmen desengordurado (GD) e nas dietas (DC, dieta controle; 20%GI, 20% de gérmen integral; 20%GD gérmen desengordurado).	82
Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA, %) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e energia metabolizável (EM, Kcal/kg) de cães adultos alimentados com a dieta controle (DC) e dietas contendo 20% de gérmen integral (20%GI) e gérmen desengordurado (GD).	85
Tabela 5. Perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) das fezes de cães adultos alimentados com a dieta controle (DC) e dietas contendo 20% de gérmen integral (20%GI) e gérmen desengordurado (GD)	85
Tabela 6. Características fecais de cães recebendo dieta controle (DC), com adição de 20% de gérmen integral (20%GI), 20% de gérmen desengordurado (20%GD) com e sem adição do complexo enzimático.	86

Tabela 7. Número de primeira visita ao pote com a dieta A (n) e razão de ingestão (RI + erro padrão) de cães alimentados com a dieta controle (DC), 20% gérmen integral.... 86

LISTA DE FIGURAS

Capítulo III. Perdas endógenas, digestibilidade verdadeira e aparente de cães adultos e filhotes alimentados com dietas contendo óleo de vísceras de frango

- Figura 1. Interação da ingestão de gordura (g/kg PC^{0,75}) de cães adultos e filhotes alimentados com dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras.60
- Figura 2. Relação entre a digestibilidade da gordura (CDEEA, %) e a ingestão de EEA (IngEEA, g/kg PC) de cães adultos, efeito hiperbólico representado pela equação: $y = 98,1094 - 13,6202/x$ ($R^2=0,72$; $SE=1,1$).62
- Figura 3. Regressão da ingestão de EEA com a ingestão de EEA digestível de cães adultos é representada pela equação: $y = 0.98x - 7.89$ ($R^2 = 0.99$, $SE = 1.5$)62
- Figura 4. Relação entre a digestibilidade da gordura (CDEEA, %) e a ingestão de EEA (Ing EEA) de cães filhotes é explicada efeito hiperbólico representado pela equação: $y = 99,128 - 26,1366/x$ ($R^2=0,613$; $SE=1,30$).63
- Figura 5. Regressão da ingestão de EEA com a ingestão de EEA digestível de cães adultos é representada pela equação: $y = 1.00x - 8.77$ ($R^2 = 0.99$, $EPM = 1.6$)63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AGCC – ácido graxo de cadeia curta
CDA – coeficiente de digestibilidade aparente
CDV – coeficiente de digestibilidade verdadeira
CE – complexo enzimático
DDGS – dry distillers grains of solubles
DHA – ácido docosahexaenoico
EB – energia bruta
EEA – extrato etéreo em hidrólise ácida
EM – energia metabolizável
EPA – ácido eicosapentaenóico
FB – fibra bruta
FDA – fibra em detergente ácido
FDN – fibra em detergente neutro
FDT – fibra dietética total
FI – fibra insolúvel
FS – fibra solúvel
GD – gérmen desengordurado
GI – gérmen integral
IEE – ingestão de extrato etéreo
IEM – ingestão de energia metabolizável
IMS – ingestão de matéria seca
MM – matéria mineral
MO – matéria orgânica
MS – matéria seca
MSf – matéria seca fecal
NEM – necessidade de energia metabolizável
OM – óleo de milho
OV – óleo de vísceras
PB – proteína bruta
PE – primeira escolha
PF – produção fecal
PNA – polissacarídeos não amiláceos

PC – peso corporal

RI – razão de ingestão

TGI – trato gastrointestinal

VPE – valor de perda endógena

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Milho	15
2.1.2 Óleo de milho	16
2.1.3 Gérmen de milho	16
2.1.4 Resíduo seco de destilaria contendo solúveis (DDGS).....	17
2.2 Gorduras na nutrição de cães	18
2.2.1 Lipídeos em dietas para cães	18
2.2.2 Exigências	18
2.2.3 Principais fontes de lipídeos utilizados em dietas para cães.....	19
2.2.4 Digestibilidade dos lipídeos em dietas para cães	20
2.3 Métodos para avaliação da digestibilidade de ingredientes	20
2.4 Perdas endógenas: Definições e metodologias	22
2.5 Efeito da idade no trato gastrointestinal de cães.....	23
2.6 Uso de enzimas exógenas na alimentação de cães	24
3 Considerações finais	26
4 REFERÊNCIAS.....	27
CAPITULO II – Óleo bruto de milho como fonte de gordura para cães	31
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1. Introdução	33
2. Material e Métodos.....	34
2.1 Processamento do óleo de milho.....	34
2.2 Experimento 1: Ensaio de digestibilidade e características das fezes.....	34
2.2.1 Objetivo	34
2.2.2 Dietas	34

2.2.3 Animais e instalações	35
2.2.4 Ensaio de digestibilidade	36
2.2.5 Parâmetros fecais.....	36
2.2.6 Análises laboratoriais	37
2.2.7 Cálculos e análise estatística.....	38
2.3 Experimento 2: Digestibilidade do óleo de milho.....	39
2.3.1 Objetivo	39
2.3.2 Dietas	39
2.3.3 Animais e instalações.....	39
2.3.4 Ensaio de digestibilidade	39
2.3.5 Análises laboratoriais	40
2.3.6 Análise estatística.....	41
2.4 Experimento 3: Ensaio de palatabilidade	41
2.4.1 Objetivo	41
2.4.2 Animais e alojamento	41
2.4.3 Dietas experimentais	41
2.4.4 Ensaio de palatabilidade.....	41
2.4.5 Delineamento e análises estatísticas.....	42
3. Resultados	42
3.1. Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade e características das fezes	42
3.2. Experimento 2: Digestibilidade do óleo de milho.....	43
3.3. Experimento 3: Palatabilidade de dietas contendo óleo de milho.....	44
4. Discussão.....	45
5. CONCLUSÃO.....	47
6. Referências Bibliográficas	48

CAPÍTULO III - Perdas endógenas, digestibilidade verdadeira e aparente de cães adultos e filhotes alimentados com dietas contendo óleo de vísceras de frango

1. Introdução	54
2. Material e métodos.....	55
2.1 Animais e instalações.....	55
2.2 Dietas.....	55
2.3 Ensaio de digestibilidade	55
2.4 Características das fezes	56
2.5 Análises laboratoriais	57

2.6 Cálculos	57
2.7 Delineamento e análises estatísticas.....	58
3. Resultados	58
3.1 Ingestão de alimento	58
3.2 Digestibilidade aparente do trato total.....	59
3.3 Perdas endógenas da gordura	61
3.4 Coeficientes de digestibilidade verdadeira.....	63
3.5 Características fecais	64
4. Discussão	65
5. Conclusão	71
6. Referências Bibliográficas	72

CAPÍTULO IV - Uso do gérmem de milho integral e desengordurado, com e sem complexo enzimático, em dietas para cães

RESUMO	76
1. Introdução	78
2. Material e Métodos.....	78
2.1. Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade e características das fezes	78
2.1.1. Dietas	78
2.1.2 Animais e instalações.....	80
2.1.3 Ensaio de digestibilidade	80
2.1.4 Características fecais	80
2.1.5 Análises laboratoriais	81
2.1.6 Cálculos e análise estatística.....	82
2.2 Experimento 2: Ensaio de palatabilidade	83
2.2.1. Animais e alojamento	83
2.2.2 Dietas experimentais	83
2.2.3 Ensaio de palatabilidade.....	83
2.2.4. Delineamento e análises estatísticas	84
3 Resultados	84
3.1. Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade e características das fezes	84
3.3. Experimento 2: Palatabilidade de dietas contendo gérmem de milho integral (GI) ou desengordurado (GD).....	86
4 Discussão	87
5 Conclusão	89

6	Referências Bibliográficas	90
	CAPÍTULO V -- CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
	CAPÍTULO VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
	VITA	108

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A busca por ingredientes e co-produtos de origem vegetal e animal, que proporcionem boa digestibilidade, palatabilidade, características fecais e segurança alimentar, que tenham boa resposta na extrusão e que acompanhem as tendências do mercado, são os principais fatores que regem a pesquisa na nutrição de cães.

Como por exemplo, a partir do milho, um dos grãos mais produzidos no Brasil e no mundo, pode-se utilizar vários co-produtos, como o óleo e o gérmen. Alguns, como esse último citado, por ter altos níveis de fibra são pouco utilizados na nutrição de animais monogástricos. Contudo, ao se utilizar enzimas exógenas, pode-se reduzir alguns efeitos indesejados, e estes ingredientes passam a ter maior aproveitamento pelos animais, como no caso em dietas com maiores níveis de polissacarídeos não amiláceos (PNA) (Silva et al., 2016). Os PNA de forma geral, tanto os solúveis como insolúveis tem efeitos negativos na digestibilidade dos nutrientes e características fecais.

Nesse contexto, há pesquisas também, para validar a utilização de aditivos e entender a utilização com cada fórmula, como os aditivos que objetivam melhorar o aproveitamento dos nutrientes ou minimizar algum efeito indesejado, como por exemplo os efeitos de polissacarídeos não amiláceos (PNA) na digestibilidade, e as enzimas exógenas seriam uma boa alternativa para contornar isso. Além de que há a necessidade de melhor entender o metabolismo dos cães, em relação ao real aproveitamento dos nutrientes, para formular os alimentos de forma mais precisa para estes animais. E todas essas variáveis podem ser influenciadas pela idade do animal.

Dos nutrientes comumente avaliados em dietas para cães, a fração gordura possui alta digestibilidade para cães, a quantidade ingerida desse nutriente aumenta a digestibilidade da gordura de forma hiperbólica (Kendall, 1984), ou seja, significa que há um aumento da digestibilidade mais expressivo com o aumento da inclusão de gordura, até a estabilização ou redução desse aumento. Esse comportamento pode ser justificado apenas pela diminuição na relação entre o consumo da gordura e as perdas

endógenas fecais deste nutriente, conforme o aumento da gordura dietética (Jørgensen et al., 1993).

A gordura total presente nas fezes não é somente resultante das frações não digeridas da dieta, também faz parte desse montante a gordura proveniente das perdas endógenas. Essas perdas podem ser resultantes de ácidos biliares, bactérias que habitam o colón dos animais e lipídeos estruturais provenientes da descamação (renovação) das células da mucosa (Clement, 1975; Jørgensen et al., 1993; Kil et al., 2010). As perdas endógenas de gordura podem ser influenciadas pela fonte de gordura utilizada, pela quantidade de fibra da dieta e também ter efeito do animal (Jørgensen et al., 1993; Kil et al., 2010).

Além de melhor entender o metabolismo, precisa-se entender o efeito de cada ingrediente na digestibilidade, características das fezes e palatabilidade. Grande parte dos estudos avaliam a digestibilidade da dieta, no entanto, o ideal seria conhecer também do aproveitamento de cada ingrediente, avaliado pela digestibilidade do ingrediente em si.

Desta forma, portanto, objetivou-se avaliar a digestibilidade, características fecais e palatabilidade de dietas para cães, contendo co-produtos do milho. Além de estimar as perdas endógenas e digestibilidade verdadeira da gordura, em cães de diferentes idades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Milho

O milho é uma das plantas cultivadas mais antigas, havendo registro de espiga de milho datada de 7.000 a.C (Campsilos, 2009). Cereal pertencente à família Poaceae, é classificado no gênero *Zea*, e cientificamente é designado pela espécie *Zea mays*. No Brasil é o segundo grão mais produzido, ficando atrás apenas da produção do grão de soja (Conab, 2017).

O grão de milho possui estruturas bem definidas, sendo a membrana externa a casca ou pericarpo, com características fibrosas. Na porção mais interna do grão pode-se observar duas regiões bem distintas: o endosperma, constituído principalmente de amido e proteína (zeína); o gérmen é também composto por proteína (gluteína) e lipídeos (Brito et al., 2005). Desta forma, por meio de distintos processos, via úmida e

via seca, podem-se originar diversos co-produtos com interessante valor nutricional (como altos níveis de proteína e gordura), além do etanol (Belyea et al., 2004). Esta produção pode representar um potencial mercado para o milho, ainda recente no Brasil, mas já consolidado nos Estados Unidos. Na produção de etanol, há co-produtos também para potencial uso na nutrição animal, como o resíduo seco de destilaria com solúveis (DDGS), podendo ser uma alternativa para fonte proteica (Silva et al., 2016).

Devido a essas características na estrutura do grão de milho, pode-se gerar inúmeros co-produtos com características distintas, entre eles destacam-se o glúten de milho com 60% de proteína bruta (PB), o glúten de milho com 20% de PB, o gérmen de milho integral ou desengordurado e o óleo de milho (Larbier & Leclercq, 1994).

2.1.2 Óleo de milho

O óleo de milho é extraído a partir do gérmen de milho e representa de 3,1 a 5,7% do peso total do grão. Este óleo é tido como produto nobre devido a sua alta estabilidade, resultando em maior tempo de validade para o mercado de nutrição humana, além dos altos níveis de ácidos graxos poliinsaturado, como o ácido linoleico (48,02%), além do ácido oleico (34,68%), ácido palmítico (12,5%) e ácido esteárico (2,11%).

A maior parte da extração do óleo de milho vem do processo úmido, extraído a partir do gérmen (cerca de 85%) por uma combinação de prensas contínuas e/ou por solvente, onde ao final este é removido por evaporação, recuperado e reutilizado. Com o refinamento, há etapas para reduzir os ácidos graxos livres fosfolípidios, ceras e pigmentos (Cornoil, 2006).

O óleo de milho possui grande potencial para ser utilizado na nutrição de cães em função do perfil de ácidos graxos. No entanto, não foram encontrados estudos avaliando o óleo de milho na nutrição de cães.

2.1.3 Gérmen de milho

É obtido na moagem úmida do grão de milho, seguida da secagem, prensagem (Dermachi, 1998) e perfusão por solvente. Pode ser considerado uma fonte energética alternativa ao milho na nutrição animal, de acordo com Butolo et al. (1998) e Rostagno (2003) com média de 5,14% de fibra bruta, os níveis citados podem variar de acordo com o processo. Contudo, de acordo com Earle et al. (1998) e Sabchuk et al. (2017)

quanto maior a quantidade de fibra na dieta menor a energia metabolizável, em função do efeito negativo dos PNA sobre a digestibilidade e características fecais.

Esses efeitos negativos dos PNA é descrito por Vanderhoof (1998), onde a ação da fibra pode criar uma barreira física, não permitindo atuação maior das enzimas digestivas, reduzindo desta forma a digestibilidade dos ingredientes, como foram observados por Silva et al. (2016) e Sabchuk et al. (2017) os quais avaliaram dietas com diferentes inclusões de PNA em dietas para cães.

Foram encontrados estudos avaliando o gérmen de milho para poedeiras (Brunelli et al., 2010), para suínos (Moreira et al., 2002; Lee et al., 2012; Weber et al., 2010) e para aves de corte (Fonseca et al., 2006). Todos os autores supracitados, concluíram que é relevante não ultrapassar a inclusão de 20% de gérmen, devido aos efeitos negativos que os PNA podem gerar. Poucos estudos foram encontrados avaliando o gérmen de milho para cães, geralmente esses co-produtos possuem menor digestibilidade do que os cereais. Os autores observaram menor digestibilidade do gérmen de milho quando incluído a dieta em 30% e comparado com a quirera de arroz e sorgo (Sá-Fortes et al., 2010).

2.1.4 Resíduo seco de destilaria contendo solúveis (DDGS)

Esse co-produto surge num contexto, em que os países, principalmente os desenvolvidos, buscam tecnologias próprias para produzir os biocombustíveis. Os Estados Unidos é um dos maiores produtores de etanol a partir do milho (Godoy et al., 2009). O DDGS é um dos co-produtos gerados por esse processo. Esta co-produto apresenta em sua composição em torno de 27,6%, com 30,5% de fibra dietética total e 5175 kcal/kg de energia bruta (Godoy et al., 2009).

É um co-produto com grande potencial para ser utilizado na nutrição de monogástricos, pois o DDGS de boa qualidade apresenta energia digestível e EM iguais ou superiores às do milho (Spiehs et al., 2002). Contudo, uma limitação seria a quantidade de PNA em sua composição. Outro entrave, poderia ser a quantidade de micotoxina, que pelo próprio processo de obtenção do etanol, pode concentrar de 3 a 3,5 vezes as micotoxinas no DDGS (Zhang & Caupert, 2012), no Brasil concentra-se em maiores concentrações as fumonisinas.

Em alimentos para cães, foi avaliado por Allen et al. (1981), os quais utilizaram baixos níveis de inclusão (4, 6 e 8%) e altos níveis (14,1, 15,7, 26,1%). Os autores verificaram que os baixos níveis não afetaram a digestibilidade da matéria seca, já

níveis mais altos reduziram a digestibilidade da matéria seca (MS) sem afetar a da energia. Com 26,1% de DDGS na dieta houve redução na digestibilidade da proteína bruta. Em relação a aceitação da dieta, Corbin et al. (1984) verificaram que até 10% de DDGS promoveu alta aceitabilidade, uma vez que o consumo de ração foi maior para o resíduo de destilaria.

Em outro estudo, Silva et al. (2017) avaliaram a inclusão de DDGS em níveis crescentes (0, 6, 12 e 18%) em dietas para cães adultos, com e sem inclusão de xilanase. Os autores concluíram que o maior nível de inclusão (18%) de DDGS reduziu a digestibilidade dos nutrientes e EM, bem como aumentou a umidade das fezes. Contudo, quando a enzima xilanase foi utilizada observou-se aumento da digestibilidade da PB, da MS e matéria orgânica (MO).

2.2 Gorduras na nutrição de cães

2.2.1 Lipídeos em dietas para cães

As fontes de lipídeos podem ser originadas de gorduras animais ou vegetais, a diferença é a composição de ácidos graxos e consequentemente o ponto de fusão. Os triglicerídeos de gorduras animais, são normalmente saturados e os de origem vegetal são insaturados (Marzzoco & Torres, 1999), havendo algumas exceções como o óleo de vísceras de aves (maior parte insaturado) e o óleo de coco (maior parte saturado).

Os lipídeos são componentes muito importantes da dieta, pois é o nutriente dietético com maior densidade calórica (Trevizan & Kessler, 2009). Além de ser fonte de ácidos graxos essenciais, como os ácidos graxos poli-insaturados, ácidos linoleico e α -linolênico. Em algumas fases dos animais, como em crescimento, os ácidos docosahexaenóico (DHA), eicosapentaenóico (EPA) e o araquidônico são essenciais (Bauer, 2008).

Outra função importante das gorduras na nutrição de cães, é o efeito que causa na palatabilidade, pois dietas ricas em gordura são normalmente mais atrativas e palatáveis, seja pelo sabor ou textura (Case et al., 2011).

2.2.2 Exigências

De acordo com a AAFCO (2003) recomenda-se que as rações para cães em crescimento ou reprodução sejam compostas por no mínimo 8% de gordura (na

matéria seca, MS), já para uma ração para cães adultos em manutenção a recomendação é de no mínimo 5% (na MS), fornecidas em uma dieta contendo 3.500 kcal/kg de energia metabolizável (EM).

Além da exigência mínima de gordura nas dietas, deve-se atentar-se as exigências dos ácidos graxos poli-insaturados. De acordo com o NRC (2006) a exigência para cães adultos em manutenção é de no mínimo 1% do ácido linoleico (18:2n-6) na MS, apesar de ainda não estar estabelecida a exigência para o ácido linolênico (18:3n-3) para cães, a quantidade mínima de 0,044% na MS ou 0,09% da EM, é sugerida para dietas contendo 1% de ácido linoleico. Ainda, é importante manter a proporção entre o ácido linoleico e linolênico, procurando manter o balanço entre os dois, pois ambos competem pelas mesmas enzimas para formar os eicosanoides, que poderão ser pró-inflamatório (formado a partir do ácido araquidônico) ou serem anti-inflamatório (a partir do ácido eicosapentaenóico) (NRC, 2006).

Os cães não são capazes de sintetizar esses ácidos graxos essenciais (ácido linoleico e linolênico), no entanto possuem funções fisiológicas importantes. O ácido linoleico pode derivar o ácido araquidônico e o ácido linolênico, o EPA e o DHA. Os cães parecem converter eficientemente o linoleico em araquidônico, no entanto apresenta-se menos eficientes em relação ao EPA e DHA (NRC, 2006). Estes três últimos ácidos graxos não são encontrados em vegetais, estando presentes em níveis significativos em vísceras de animais e derivados de peixe (Trevisan & Kessler, 2009).

Para resumir a função e importância desses ácidos graxos essenciais, o ácido araquidônico representa mais do que 10% dos ácidos graxos contidos nos fosfolípidos do fígado e dos eritrócitos e na fração lipoproteínas de alta densidade (*High density lipoprotein*, HDL) do sangue dos cães, e o DHA está em alto nível nos fosfolípidos da retina destes animais (Trevisan & Kessler, 2009).

2.2.3 Principais fontes de lipídeos utilizados em dietas para cães

A escolha da fonte pode depender de fatores como o conteúdo de ácidos graxos essenciais, ponto de fusão da gordura (saturação, se refletindo na logística de inclusão a dieta), efeito da palatabilidade, suscetibilidade à oxidação e preço de mercado (Ahlstrøm et al., 2004).

Segundo a ANFALPET (2011) as fontes de óleo de origem vegetal utilizados na alimentação de cães são óleo de abacate, óleo de arroz, óleo de linhaça (bruto ou cru), óleo de palma, óleo de girassol, óleo de soja (bruto ou cru), óleo de soja degomado,

óleo de soja refinado e lecitina de soja. Por outro lado, as gorduras de origem animal são o óleo de vísceras, óleo de peixes, gordura bovina e gordura suína. Os óleos derivados de fontes vegetais são normalmente encontrados na semente, como é o caso do óleo de milho e soja, já em outros casos são encontrados na polpa, como é o caso da azeitona e palma.

2.2.4 Digestibilidade dos lipídeos em dietas para cães

Os cães por serem carnívoros não estritos digerem muito bem os lipídeos, apresentando altas digestibilidade aparente de óleos e gorduras, cerca de 85 a 95%, variando conforme o tipo e a quantidade de gordura e o fornecimento de ácidos graxos essenciais (NRC, 2006). Quanto ao tipo, se é saturada ou insaturada, os cães digerem melhor fontes com maior quantidade de ácidos graxos insaturados, quando comparada a ácidos graxos saturados (Marx et al., 2015), segundo esses mesmos autores o melhor aproveitamento se deve ao fato de que gorduras com maior grau de insaturação dos ácidos graxos possuem maior potencial de formação de micelas no lúmen intestinal, o que resulta em melhora no processo digestivo e consequentemente melhor digestibilidade. Em relação a quantidade de gordura, um efeito importante na digestibilidade, com o aumento da ingestão desse nutriente, é o aumento de forma hiperbólica da digestibilidade da gordura (Kendall, 1984).

A avaliação da digestibilidade da dieta bem como dos ingredientes é muito importante na nutrição de cães, pois isso se refletirá nas características fecais, como volume, escore, produção fecal entre outros (Brambillasca et al., 2010). No entanto, há vários fatores que podem influenciar a digestibilidade das gorduras, um deles é a quantidade de fibras, uma vez que altos teores de fibras dietética total na dieta, reduz a digestibilidade do extrato etéreo (Sabchuk et al., 2017).

Marx et al. (2015) avaliando dietas com sebo bovino e óleo de soja, verificaram maior digestibilidade do óleo de soja, os autores justificam que isso ocorra devido a maior concentração do ácido graxo esteárico (18:0), quase dez vezes maior (33,90%) no sebo bovino, em relação ao óleo de soja (3,97%), e que este AG é pobremente absorvido nos enterócitos.

2.3 Métodos para avaliação da digestibilidade de ingredientes

Ensaio de digestibilidade são realizados para verificar a real disponibilidade dos nutrientes de uma dieta (Félix, 2011). Pode-se realizar ensaios de digestibilidade por

meio de coleta total, a qual é a mais utilizada, e por indicadores que fazem parte dos ingredientes, como cinza insolúvel em ácido (CIA) e fibra bruta (FB), ou substâncias adicionadas as dietas, como como óxido crômico e CIA).

Normalmente, os ensaios avaliam a digestibilidade de uma dieta, entretanto, a digestibilidade de um ingrediente também pode ser avaliada. Contudo, essas informações são ainda escassas na nutrição de cães. Tais informações são necessárias ao se considerar as possíveis interações de um ingrediente com todos os outros de uma formulação, o que dificulta as conclusões e comparações com outros estudos (Félix, 2011). De acordo com o autor, como é inviável fornecer aos cães uma dieta com base em um único ingrediente, em função do desbalanceamento de nutrientes, é possível utilizar métodos diretos e indiretos com dietas balanceadas, para isolar a digestibilidade dos nutrientes no ingrediente teste. De acordo com Félix (2011) as principais metodologias para avaliar isso são: método direto, método da diferença, método da regressão e método da substituição.

O método direto pode ser realizado com uma única dieta, a exigência é que a fórmula da dieta utilizada deve permitir que o ingrediente testado seja a única fonte do nutriente a ser avaliado (Sauer et al., 2000). Embora seja mais simples, utilizando menor número de animais, pode resultar um desbalanceamento da dieta e isso pode interferir na digestibilidade. Podendo inviabilizar a determinação da energia digestível e metabolizável dos ingredientes, pois dificilmente será possível utilizar um ingrediente como única fonte de energia em uma dieta balanceada extrusada (Félix, 2011).

O segundo método é o da diferença, o qual se baseia na avaliação de duas dietas, basal e teste (Fan & Sauer, 1995). Como requisito a dieta basal deverá conter um ingrediente basal, sendo este a única fonte do nutriente em questão. Já a dieta teste consistirá de uma mistura da dieta basal e do ingrediente teste. Outro requisito que devesse assumir nesse método, é que não haja interação entre os nutrientes dos ingredientes basal e teste.

O terceiro método é o da regressão também descrito por (Fan & Sauer, 1995). Esta metodologia fornece simultaneamente os valores de digestibilidade do nutriente avaliado na dieta basal e teste. Neste método o ingrediente basal e o teste são misturados de forma gradativa, necessitando do mesmo requisito do método anterior o qual não pode haver interferência de outros ingredientes no ingrediente em questão. Não havendo interação, a relação linear entre os valores de digestibilidade da dieta teste e os níveis de contribuição do nutriente do ingrediente basal para a dieta teste.

O quarto método foi proposto por Matterson et al. (1965) para aves e suínos, em que consiste na substituição, em base na matéria seca, de uma dieta basal pelo ingrediente a ser avaliado a qual geralmente é 20% a 60%, para a maioria das fontes proteicas e cereais. Como vantagens esse método não precisa ter o ingrediente como única fonte do nutriente a ser avaliado, a formulação da dieta basal é simples, não precisando de ingredientes purificados. No entanto, ao substituir altos níveis do ingrediente deve-se cuidar para que não aconteça o desbalanceamento da dieta. Por exemplo, ao avaliar um ingrediente energético, deve-se cuidar para que a dieta tenha alto nível proteico. Assim como os demais métodos não deve haver interação entre o ingrediente teste e os demais ingredientes da dieta basal.

Para controlar o erro deste último método, deve-se atentar para a taxa de substituição, pois quanto menor esta for, maior poderá ser o erro (Villamide, 1996; Villamide et al., 1998). Desta forma, de acordo com Félix (2011) considerando esses fatores, as características do ingrediente a ser avaliado são importantes para a determinação do nível de substituição mais adequado.

Há vários métodos para estimar a digestibilidade em cães, um método que conseguiria estimar as perdas endógenas, seria pela digestibilidade ileal. No entanto, os cães deveriam permanecer canulados, fato que não está sendo bem tolerado pelos comitês de ética (Hendriks et al., 2002). Desta forma, o CDA do trato total é o método mais utilizado para aferição da qualidade nutricional dos alimentos (Félix, 2011). De acordo com o autor supracitado, este se baseia na avaliação das frações nutricionais ingeridas e excretadas nas fezes, sem considerar as frações de origem endógena presentes nas fezes, como: enzimas, mucoproteínas, células de descamação, bactérias, etc. Por isso a importância de estimar as perdas endógenas, pois com isso é possível calcular o valor de digestibilidade verdadeira, basta descontar o valor de perda endógena.

2.4 Perdas endógenas: Definições e metodologias

A proteína, bem como a gordura presente nas fezes não é totalmente resultante das frações não digeridas da dieta, também faz parte deste montante, componentes provenientes das perdas endógenas. No caso das gorduras, pode ser resultante de ácidos biliares, bactérias que habitam o colón dos animais e lipídeos estruturais provenientes da descamação (renovação) das células da mucosa (Clement, 1975; Jørgensen et al., 1993; Kil et al., 2010). As perdas endógenas de gordura podem ser

influências pela fonte de gordura utilizada, pela quantidade de fibra da dieta e também ter efeito animal (Jørgensen et al., 1993; Kil et al., 2010).

Para estimar as perdas endógenas, pode-se realizar um experimento com uma dieta sem o nutriente que quer estimar, proteína ou gordura, por exemplo. Outros estudos usam a extrapolação do nutriente em questão, e estimam por meio de cálculo, o valor da perda endógena (Kendall, et al., 1982a). Após estimar o valor de perdas endógenas, pode-se calcular a digestibilidade verdadeira (Kil et al., 2010). Desta forma, esses valores de perdas endógenas são usados para estimar a quantidade mínima exigida pelos animais de cada nutriente. Foram encontrados alguns estudos avaliando as perdas endógenas da proteína (Kendall, et al., 1982a; Hendriks, et al., 2002).

Já para estimar as perdas endógenas da gordura, foram levantados alguns estudos com cães. Como, Sperry (1926) utilizando dietas livres de gorduras, verificaram excreção de gordura de 22 mg / PC / dia, valor abaixo dos valores encontrados mais recentemente por Kendall (1984) e Marx et al. (2017), muito provavelmente pela evolução nas metodologias de análises.

Já em outro estudo Kendall (1984), avaliando dados de 122 ensaios de digestibilidade, utilizando níveis crescentes de gorduras nas dietas, verificaram valores de 242 mg de gordura /kg PC/ dia. Nessas avaliações, foram utilizadas dietas com diversas fontes de gordura, diferentes níveis de fibra nas dietas, e cães de diferentes idades. Todos esses fatores poderiam influenciar no valor de perdas endógenas. Em um estudo recentemente publicado, Marx et al. (2017) encontraram valores de 155 mg/kg PC/ dia, foram utilizados os cães adultos e a fonte de gordura foi o óleo de vísceras de aves nos níveis de 1%, 4%, 10%, 12% 16% e 20%.

Foram encontrados também alguns estudos avaliando as perdas endógenas da gordura em suínos, utilizando metodologia de regressão linear, os autores obtiveram 7,9 g de gordura /kg de MS ingerida (Kil et al, 2010). Marx et al. (2017) utilizando essa mesma metodologia para cães observaram o mesmo valor do estudo com suínos.

2.5 Efeito da idade no trato gastrointestinal de cães

Alguns autores discutem sobre as modificações morfofisiológicas e microbiológicas no trato gastrointestinal (TGI) à medida que os animais envelhecem (Fahey et al., 2008). A absorção e aproveitamento dos nutrientes está relacionada com essas mudanças (Weber et al., 2002). Várias funções sofrem mudanças com a idade,

por exemplo o fluxo de secreção de bile aumenta conforme a idade (0 – 42 dias de idade), no entanto, os valores de fluxo de bile dos animais entre 28-42 dias de idade foram semelhantes ao dos cães adultos (Tavoloni et al., 1985).

De acordo com Fahey et al. (2008) outra mudança que ocorre de acordo com a idade é a microbiota. Um exemplo disso é a grande concentração de bactérias do grupo clostridia em cães filhotes e o aumento de bactérias do grupo *lactobacillus* e bacteroides conforme o aumento da idade (Buddington, 2003). Além disso, a microbiota influencia em muitos aspectos da digestão, atividades de enzimas, na morfologia da mucosa, na motilidade gastrointestinal e na composição de ácidos biliares (Clement, 1975).

Com o envelhecimento dos animais há diminuição da atividade da amilase, tripsina e lipase no suco duodenal (Meyer et al., 1940). No entanto, Taylor et al. (1995) acreditam que isso não afetaria a digestão e absorção, pois o tempo de retenção do alimento no TGI compensaria essa baixa atividade enzimática nos animais mais velhos.

O processo de envelhecimento varia quanto ao porte da raça, genética, nutrição, ambiente no qual o animal é mantido, entre outros fatores (Laflamme, 2005). Esse fato pode justificar os resultados contraditórios encontrados na literatura sobre a digestibilidade dos nutrientes por cães de diferentes faixas etárias (Taylor et al., 1995; Weber et al., 2003; Swanson et al., 2004). Pois as diferentes raças, apresentam variações nas taxas de crescimento (Félix, 2011).

Outra mudança observada em cães de diferentes idades, são as características das fezes, uma vez que cães filhotes apresentaram fezes com menores teores de MS e pH, em relação a animais adultos (Swanson et al., 2004), tal fato pode ser explicado pelo maior volume de alimento ingerido/kg peso corporal^{0,75}, maior taxa de passagem da digesta (Weber et al., 2003) e pelas alterações na microbiota intestinal durante a fase de crescimento do animal (Buddington et al., 2003).

2.6 Uso de enzimas exógenas na alimentação de cães

As enzimas são proteínas globulares, as quais agem como catalisadores biológicos e como consequência aumenta a velocidade das reações químicas no organismo, sem serem elas próprias alteradas neste processo (Champe & Harvery, 1989). São altamente específicas quanto aos substratos, possuindo um sítio ativo que permite que elas atuem na ruptura de uma determinada ligação química, sob condições favoráveis de temperatura, pH e umidade (Penz Júnior, 1998).

Na nutrição de animais monogástricos, como aves e suínos, as enzimas são amplamente estudadas (Cowieson & Adeola, 2005; Li et al., 2010; González-Ortiz et al., 2017; Schramm et al., 2016). Utiliza-se com o objetivo de melhorar a digestibilidade dos nutrientes e, consequentemente melhorar a produtividade dessas espécies (Cowieson e Adeola, 2005). Além disso, o uso das enzimas exógenas destaca-se por reduzir variação de qualidade nutricional dos alimentos, podendo reduzir os efeitos negativos causados pelos nutrientes que não seriam digeridos e absorvidos no intestino delgado. Caracterizando-se também por aumentar a disponibilidade de gorduras e proteínas, que estariam ligadas ou envolvidas pelos PNA. Além de aumentar a disponibilidade de alguns minerais, como por exemplo o fósforo, por meio do uso de fitases.

Twomey et al. (2003a) avaliando dietas para cães com diferentes fontes de carboidratos, com e sem inclusão de carboidrases nas dietas a base de milho e sorgo (xilanase, alfa-amilase, beta-glucanase, hemicelulase, pectinase e endoglucanase) não verificaram efeitos na digestibilidade dos nutrientes com a inclusão de enzimas.

Em outro estudo realizado pelo mesmo autor, Twomey et al. (2003b) avaliaram níveis crescentes de PNA solúveis (11, 16 e 20 g/kg) em dietas a base de trigo e cevada para cães com e sem inclusão de xilanase, beta-blucanase e amilase e possíveis efeitos na digestibilidade e características fecais. Os autores verificaram redução da digestibilidade do amido, gordura, proteína e EB. Contudo, quando foram incluídas as enzimas, esse efeito não foi observado. Com o aumento dos PNA solúveis, foi verificado piora do escore fecal, contudo quando foi adicionado a enzima esse efeito já não foi verificado.

Félix et al. (2012) avaliando dietas com inclusão de farelo de soja (0, 15 e 30%), verificaram melhora da digestibilidade da MS, MO, PB, EB e EM com a inclusão de um complexo enzimático (alfa-galactosidase, beta-glucanase e xilanase) em dietas para cães. Já quanto as características fecais não foram observadas diferenças.

Em outro estudo, Sá et al. (2013) estudaram utilizar a inclusão de duas misturas de enzimas em dietas para cães a base de trigo, avaliando os efeitos nas características e eficiência da extrusão, na digestibilidade dos nutrientes e produtos resultantes de fermentação nas fezes de cães. Foram avaliados os seguintes complexos de enzima: 1 - beta glucanase, xilanase, celulase, glucoamilase e fitase; 2- 1 + amilase. Ambos complexos foram adicionados antes da extrusão. Os autores observaram que não houve efeito das enzimas na digestibilidade do trato total dos

nutrientes. Já quanto aos efeitos de eficiência de processo, o complexo enzimático 2 aumentou a produtividade da extrusora além de reduzir em 31% a eletricidade quando comparada com as outras dietas.

Pacheco et al. (2014) avaliaram dietas com níveis crescentes de farelo de arroz integral, com e sem a inclusão de um complexo enzimático, sendo composto por amilase, celulase, xilanase, beta-glucanase, fitase, protease e pectinase, observaram redução da digestibilidade dos nutrientes conforme aumento a inclusão de farelo de arroz integral, mas não observaram efeito do complexo enzimático em nenhum parâmetro observado.

Enquanto Silva et al. (2016), avaliando níveis crescentes de DDGS (0, 6%, 12% e 18%) com e sem inclusão de xilanase, também observaram redução da digestibilidade dos nutrientes com a maior inclusão de DDGS. No entanto, foi observado efeito da enzima, sendo observado aumento na digestibilidade da MS, PB, MO, EB e EM. Os autores concluíram que com a inclusão de xilanase houve melhora dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes.

3 Considerações finais

Há grande potencial em utilizar co-produtos, como os citados nessa revisão, desde que sejam avaliados quanto a digestibilidade, características fecais, palatabilidade. Estipulando assim níveis seguros e que garantam bons resultados.

Há diferentes metodologias para estimar as perdas endógenas e calcular a digestibilidade verdadeira dos nutrientes. Foram encontrados mais estudos avaliando as perdas endógenas da proteína e menos de gordura. Desta forma, há vários fatores que podem influenciar nesse valor, alguns relacionados com a dieta e outros relacionados com o animal.

Quanto a digestibilidade, pode-se ser avaliada utilizando metodologias para estimar a da dieta ou do ingrediente. Sendo este último menos recorrente, pela dificuldade em adequar as metodologias e suas limitações. Ainda, foram encontrados mais estudos avaliando a digestibilidade de ingredientes proteicos.

Na nutrição de algumas espécies como aves e suínos, a utilização de aditivos como as enzimas são amplamente estudados, e os estudos mostram benefício na utilização destas em alimentos para cães e gatos.

4 REFERÊNCIAS

- Belyea, R.L., Rausch, K.D., Tumbleson, M.E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology*. 94: 3, 293 -298.
- Bohnsack, C. R., R. H. Harms, W. D. Merkel, and G. B. Russell. 2002. Performance of commercial layers when fed diets with four levels of corn oil or poultry fat. *J. Appl. Poult. Res.* 11:68–76.
- Buddington, R.K., 2003. Postnatal changes in bacterial populations in the gastrointestinal tract of dogs. *Am. J. Vet. Res.* 64:646–651.
- Brito, A.B., Strighini, J.H.; Cruz, C.P; et al. Avaliação nutricional do gérmen integral de milho para aves, Universidade Federal de Goiás, 2005, Dissertação (Mestrado em Produção animal), Universidade Federal de Goiás, 2005.
- Campsilos. Disponível em: <<http://www.campsilos.org/mod3/students/index.shtml>, Acesso em: 19/02/2014.
- Cera, K.R., Mahan, D.C., Reinhart, G.A., 1989. Apparent digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.* 67, 2040-2047.
- Clement, J. 1975. Nature and importance of endogenous fatty acids during intestinal absorption of fats. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 21: 281-307.
- Conab, 2017. Acesso em 06/11/2017. Disponível em< http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf>
- Corn Refiners Association, 2006. Corn Oil. 5º Edição. Washington D.C. Available at: < <https://corn.org/wp-content/uploads/2009/12/CornOil.pdf>. Acessado em: Mar. 15, 2015.
- Earle, K.E.; Kienzle, E.; Opitz, B.; Smith, P.M.; Maskell, I.E. Fiber affects digestibility of organic matter and energy in pet foods. *Journal Nutrition*, v.128, p.2798S-2800S, 1998.

- Fahey, G.C., K.A. Barry, K.S. Swanson, 2008. Age-related changes in nutrient utilization by companion animals. *Annu. Rev. Nutr.* 28:425–445.
- Fan, M.Z.; Sauer, W.C. 1995. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2364-2374.
- Félix, A.P. Avaliação Nutricional de derivados proteicos de soja para cães. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 168 p., 2011.
- Félix, A.P., Carvalho, M.P., Alarça, L.G., Brito, C.B.M., Oliveira, S.G., Maiorka, A., 2012. Effects of the inclusion of carbohydrases and different soybean meals in the diet on palatability, digestibility and faecal characteristics in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 174, 182–189. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.03.013.
- Hendricks, W. H., K. Sritharan, S.M. Hodgkinson, 2002. Comparison of the endogenous ileal and faecal amino acid excretion in the dog (*Canis familiaris*) and the rat (*Rattus rattus*) determined under protein-free feeding and peptide alimentation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 86:333-34
- Jørgensen, H., K. Jakobsen, B.O. Eggum, 1993. Determination of Endogenous Fat and Fatty Acids at the Terminal Ileum and on Faeces in Growing. *Acta Agric. Scand. Sect. Anim. Sci.* 43:01–106.
- Kendall, P.T., S.E. Blaza, A.W. Holme, 1982a. Assessment of Endogenous Nitrogen Output in Adult Dogs of Contrasting Size Using a Protein-Free Diet. *J. Nutr.* 112:1281–1286.
- Kendall, P.T., D.W. Holme, P.M. Smith, 1982. Comparative evaluation of net digestive and absorptive efficiency in dogs and cats fed a variety of contrasting diet types. *J. Small Anim. Pract.* 23:577–587.
- Kendall, P.T., 1984. *Fats in Animal Nutrition*. London, Butterworths. The Use of Fat in Dog and Cat Diets, 383-404.
- Kil, D.Y., T. E. Sauber, D.B. Jones, H.H. Stein, 2010. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral detergent fiber on ileal and total tract

- endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2959–2967.
- Laflamme, D.P. 2005. Nutrition for aging cats and dogs and the importance of body condition. *Veterinary Clinical Small Animal*, v.35, p. 713–742.
- Larbier, M.; Leclercq, B. Nutrition and feeding of poultry. INRA: Nottingham University Press, 1994. 350p.
- Matterson, L.D., et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965, 11p. (Research Report, 7).
- Marx, F.R., L. Trevizan, F.M.O.B. Saad, K.G. Lisenko, J.S. Reis, A. M. Kessler, A.M., 2017. Endogenous fat loss and true total tract digestibility of poultry fat in adult dogs, *Journal of Animal Science*, v. 95:7, p. 2928 – 2935.
- Meyer, B., Spier, E. & Neuwelt. F. 1940. Basal secretion of digestive enzymes in old age. *Archives of Internal Medicine*, V. 65, p. 171-177.
- Sabchuk, T.T., Lowndes, F.G., Scheraiber, M., Silva, L.P., Félix, A.P., Oliveira, S.G., 2017. Effect of soya hulls on diet digestibility, palatability, and intestinal gas production in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 225, 134–142.
- Sauer, W.C., et al. 2000. Methods for measuring ileal amino acid digestibility in pigs. In: D'Mello, J. P. F. (Ed.) *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CAB International, New York, p.279-306.
- Silva, J.R., Sabchuk, T.T., Lima, D.C., Félix, A.P., Maiorka, A., Oliveira, S.G., 2016. Use of distillers dried grains with solubles (DDGS), with and without xylanase, in dog food. *Anim. Feed Sci. Technol.* 220, 136–142.
doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.08.001
- Sperry WM. 1926. Lipid excretion: III. Further studies of the quantitative relations of the fecal lipids. *The Journal of Biological Chemistry*. 68:357-383.
- Spiehs, M.J., Whitney, M.H., Shurson, G.C., 2002. Nutrient data base for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80, 2639–2645.

- Swanson, K.S., et al. 2004. Diet affects nutrient digestibility, hematology, and serum chemistry of senior and weanling dogs. *Journal of Animal Science*, v.82, p.1713–1724.
- Taylor, E.J., et al. 1995. Some nutritional aspects of ageing in dogs and cats. *Proceedings of the Nutrition Society*, v.54, p.645-656.
- Villamide, M.J. 1996. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. *Animal feed Science and Technology*, 57: 211- 23.
- Villamide, M.J., et al. 1998. Feed Evaluation. In: De Blas, C. & Wiseman, J. (Eds.), *The nutrition of the rabbit*, CAB Publishing, p.80-101.
- Weber, M., et al. 2003. Influence of age and body size on the digestibility of a dry expanded diet in dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.87, p.21–31.
- Zhang, Y., CAUPERT. 2012. Survey of mycotoxins in US distiller s dried grains with solubles from 2009 to 2011. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.60, p.539-545.

CAPITULO II – Óleo bruto de milho como fonte de gordura para cães

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) das dietas e do óleo bruto de milho (OM), características fecais e palatabilidade. Para isso foram realizados três experimentos. No primeiro foram analisados o CDA dos nutrientes, energia metabolizável (EM) e características fecais de dietas com crescentes níveis de OM (4, 8 e 12%) em substituição ao óleo de vísceras de frango (OV). Foram utilizados oito cães adultos distribuídos em delineamento quadrado latino duplo (4 x 4, tratamentos e períodos). No segundo experimento, foi analisada a digestibilidade do OM, utilizando o método de substituição. Foram utilizados nove cães adultos, distribuídos inteiramente ao acaso, avaliando três dietas, com dois períodos totalizando seis repetições por tratamento. O terceiro experimento avaliou a palatabilidade, por meio da primeira escolha e razão de ingestão (RI) da dieta com OV vs OM com e sem palatilizante, totalizando dois testes. Para cada teste, contou com três dias consecutivos, totalizando 45 repetições por teste. O CDA, EM e características das fezes não diferiram entre os tratamentos com crescentes níveis de OM, quando comparado com a dieta com OV, uma das fontes de gordura mais utilizada em alimentos para cães. Da mesma forma, o CDA do extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA) do OM foi 98,62%, não diferindo do OV (97,94%, $P>0,05$). Quanto as características das fezes, a dieta referência (DR) com sebo bovino, apresentou maior produção fecal quando comparada com a dieta com OM e OV ($P<0,05$). A inclusão do OM nas dietas não influenciou a palatabilidade, avaliada pela primeira escolha e RI, não diferindo entre os tratamentos ($P<0,05$). Desta forma, dentro dos parâmetros avaliados o OM é uma fonte de gordura em potencial para cães.

Palavras chaves: características fecais, co-produtos do milho, digestibilidade, palatabilidade, nutrição de cães.

Crude corn oil as dietary fat source for dogs

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects the dietary inclusion of corn oil on the digestibility and palatability of dog foods, and on the faecal characteristics of dogs. Three experiments were carried out. In Experiment 1, the effects of diets with increasing CO levels (40, 80, and 120 g/kg) in replacement of poultry offal fat (POF) on the coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD) of dietary nutrients and metabolizable energy (ME) content, and on dog faecal characteristics were analysed in eight adult dogs distributed in a double Latin square design (4 x 4). Experiment 2 evaluated the digestibility of corn oil and poultry offal fat in nine adult dogs according to a randomized experimental design. Experiment 3 compared the palatability of POF vs. CO diets, coated or not with a palatant, by means of first choice and intake ratio (IR) tests. Dietary CTTAD and ME content, and faecal characteristics were not different ($P>0.05$) between treatments with increasing CO levels compared with the diet with POF. No differences ($P>0.05$) in the CTTAD of acid-hydrolysis ether extract (AHEE) were detected between CO (98.62%) and POF (97.94%). No differences ($P>0.05$) in faecal characteristics were determined among treatments, except for faecal output, which was higher in dogs fed the diet with beef tallow compared with the diets with CO or POF. The inclusion of CO did not influence diet palatability ($P>0.05$). Therefore, corn oil can be utilized as fat source in dog foods.

Keywords: faecal characteristics, corn co-products, digestibility, palatability, dog nutrition.

1. Introdução

Na nutrição de cães e gatos há grande demanda de ingredientes que sejam viáveis para utilização pela indústria, é necessário que tenham disponibilidade e que forneçam de forma eficaz nutrientes para os animais. Desta forma, a pesquisa sobre aproveitamento destes ingredientes e possíveis efeitos nos animais é fundamental para melhor conhecimento e utilização de forma segura e eficiente.

A utilização de lipídeos em dietas para cães tem como função de fornecer energia e vitaminas, além de ser importante para a palatabilidade e textura dessas dietas para os cães. Desta forma, nessas dietas podem-se utilizar fontes de origem vegetal, animal ou uma combinação de ambas. A escolha da fonte de lipídeos dependerá de diversos fatores, como por exemplo conteúdo de ácidos graxos essenciais, ponto de fusão da gordura, efeito na palatabilidade, suscetibilidade à oxidação e preço do produto no mercado (Ahlstrøm et al., 2004).

O óleo de milho é considerado um óleo *premium* devido à sua alta estabilidade. Isso é parcialmente atribuída à distribuição não casual dos ácidos graxos nas moléculas dos triglicerídeos, nas quais 98% dos ácidos graxos esterificados na posição 2 são insaturados, enquanto as posições 1 e 3 são ocupadas por todos os saturados e insaturados remanescentes (Aboissa, 1990). O óleo de milho possui o seguinte perfil de ácidos graxos: ácido linoleico (48,02%), ácido oleico (34,68%), ácido palmítico (12,5%) e ácido esteárico (2,11%).

Na decisão da inclusão de co-produtos em dietas para cães, devem ser levados em conta seus efeitos sobre a digestibilidade e a palatabilidade da dieta, assim como sobre as características fecais dos cães. O estudo da digestibilidade de um ingrediente permite conhecer a real disponibilidade dos nutrientes e, portanto, os níveis adequados a serem incluídos na formulação das rações (Carciofi, 2008). No entanto, não foram encontrados estudos na literatura avaliando a digestibilidade de fontes de gordura em alimentos para cães, apenas de fontes proteicas (Kawauchi et al., 2011; Félix et al., 2013).

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a digestibilidade e a palatabilidade de dietas contendo níveis crescentes de óleo de milho e seus efeitos sobre as características fecais de cães adultos.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram aprovados pelo Comitê de ética ao uso de animais do setor de Ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil (protocolo 037/2014).

2.1. Processamento do óleo de milho

O óleo de milho utilizado nesse estudo foi processado pela Cargill, empregando a tecnologia de “prensagem mecânica”, a qual utiliza apenas temperatura e pressão para extração do óleo, sem o uso de solventes químicos. A extração mecânica do óleo consistiu da dupla passagem dos grãos in natura por quatro prensas a temperaturas e pressões diferentes. O óleo extraído foi então coletado e transportado para o tanque de separação. No tanque de separação, o óleo com baixo teor de sólidos foi retirado após a decantação dos sólidos (também denominados de “finos de germe”), que foram separados por diferença de densidade e reencaminhado às prensas extratoras para novamente serem prensados, aumentando a eficiência do processo.

Após a segunda prensagem o óleo com baixo teor de sólidos recolhido do tanque de separação foi encaminhado para a filtragem final, caracterizada por forçar a passagem do óleo recém-extraído por um filtro com placas de uma substância filtrante inerte. A etapa seguinte foi a de resfriamento a temperatura ambiente, cujo objetivo é evitar perdas com a oxidação e aumentar a acidez. Em seguida, o óleo foi armazenado em tanques de inox.

2.2 Experimento 1: Ensaio de digestibilidade e características das fezes

2.2.1 Objetivo

O objetivo deste experimento foi determinar a digestibilidade de frações de dietas com níveis crescentes de óleo de milho e seus efeitos sobre as características fecais dos cães.

2.2.2 Dietas

Foi formulada um alimento completo para suprir as exigências nutricionais dos cães de acordo com o NRC (2006). Após a extrusão, a dieta foi seca em um secador triple-deck (a 100-110°C), a adição do óleo de vísceras ou de milho foi realizada por aspersão, em seguida foi adicionado hidrolisado de frango, como palatilizante, e por

último resfriada. Foram avaliados quatro níveis de inclusão de óleo de milho (0, 4, 8 e 12%) em substituição ao óleo de vísceras parcial a total.

Os ingredientes e a composição química analisada e calculada das dietas experimentais estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química e analisada (%) das dietas.

Item	DR ^a	Inclusão de óleo de milho		
		4% ^b	8% ^c	12% ^d
Ingredientes (%)				
Milho	42,47	42,47	42,47	42,47
Farinha de carne e ossos	12,00	12,00	12,00	12,00
Farelo de trigo	5,0	5,0	5,0	5,0
Farelo de gérmen de milho	5,0	5,0	5,0	5,0
Farelo de soja	15,0	15,0	15,0	15,0
Óleo de aves	12,0	8,0	4,0	-
Óleo de milho	-	4,0	8,0	12,0
Semente de linhaça	4,52	4,52	4,52	4,52
Cloreto de sódio	0,5	0,5	0,5	0,5
BHT	0,05	0,05	0,05	0,05
Propionato de cálcio	0,15	0,15	0,15	0,15
Palatabilizante	3,0	3,0	3,0	3,0
Premix ^e	3,0	3,0	3,0	3,0
Composição química determinada				
PB (%)	18,90	18,50	18,93	18,72
Matéria Seca (%)	91,19	90,98	90,94	91,18
Extrato etéreo (%)	15,45	16,15	16,23	15,92
Fibra bruta (%)	2,88	3,68	2,93	3,22
Matéria mineral (%)	9,86	9,72	9,70	9,49
Ca (%)	3,31	3,10	3,26	3,27
P (%)	1,40	1,39	1,42	1,35
Composição química calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg) ^f	3608,98	3561,18	3489,48	3585,09

^a Dieta referência - DR: 12% de óleo de frango;

^b 4 OM: 4% de óleo de milho + 8% de gordura de frango;

^c 8 OM: 8% de óleo de milho + 4% de gordura de frango;

^d 12 OM: 12% de óleo de milho;

^e Suplemento por kilograma da dieta: Vitamina A 16,900 IU, Vitamina D3 2,340 IU, Vitamina E 104 mg/kg, Vitamina K 1,3 mg/kg, Vitamina B1 3,9 mg/kg, Vitamina B2 6,5 mg/kg, Ácido pantotênico 19,5 mg/kg, Niacina 32,5 mg/kg, Colina 1,150,7 mg/kg, Zinco 156 mg/kg, Ferro 104 mg/kg, Cobre 13 mg/kg, Iodo 2,6 mg/kg, Manganês 45,5 mg/kg, Selênio 0,26 mg/kg, e antioxidantes, 240 mg/kg,

^f EM (kcal/kg) = (3,5 x PB + 8,5 x EEA + 3,5 x ENN) (Case et al., 2000).

2.2.3 Animais e instalações

Foram avaliados oito cães da raça Beagle (quatro machos e quatro fêmeas), com peso de $12,63 \pm 0,98$ kg e idade de $6 \pm 0,2$ anos. Todos os animais foram previamente submetidos a exame clínico e físico, vacinados e desverminados. Os

animais foram alojados individualmente em baias de alvenaria cobertas (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.2.4 Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi realizado pelo método de coleta total de fezes por um período de 10 dias, dividido em cinco dias de adaptação, seguidos de cinco dias de coleta total das fezes, de acordo com as recomendações da Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 2003).

Os cães foram alimentados duas vezes ao dia (8:00h e 16:00h) em quantidade suficiente para atender as necessidades de energia metabolizável (EM) de cães adultos, de acordo com a seguinte equação (NRC, 2006): $EM \text{ (Kcal/dia)} = 130 \times PC^{0,75}$, sendo PC: peso corporal. A água foi fornecida à vontade.

As fezes foram coletadas pelo menos duas vezes ao dia, pesadas, identificadas por período/animal e armazenadas em freezer (-14 °C). Ao final de cada período, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 48 horas até peso constante para as análises laboratoriais.

2.2.5 Parâmetros fecais

Os parâmetros fecais avaliados foram teor de matéria seca total (MSf), produção de fezes (g fezes/g MS ingerida/5 dias), escore fecal, teor de amônia e pH.

O escore fecal foi avaliado sempre pelo mesmo pesquisador, atribuindo-se notas de 1 a 5, sendo: 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias e mal formadas; 3 = fezes macias, formadas e úmidas; 4 = fezes bem formadas e consistentes; 5 = fezes bem formadas, duras e secas, de acordo com Carciofi et al. (2009).

Para análise de pH fecal foi utilizado 2.0 g de fezes frescas (coletadas no máximo 15 minutos após a defecação) e homogenizadas com 20 mL de água destilada, utilizando um pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste Ltda, São Paulo, SP, Brasil).

O teor de amônia nas fezes foi determinado de acordo com Brito et al. (2010). Do volume de fezes coletadas no máximo 15 min após a defecação, foi retirada uma amostra de 5 g, que foi incubada em balão de vidro de 500 mL contendo 250 mL de água destilada durante 1 hora. Em seguida, foram adicionadas três gotas de álcool octílico (1-octanol) e 2 g de óxido de magnésio. A solução foi destilada em aparelho Macro-Kjeldahl (Vapodest 200, Gerhardt, Koenigswinter, Germany) e recuperada em

copo contendo 50 mL de ácido bórico. A solução destilada foi então titulada, utilizando ácido sulfúrico 0,1 N. O teor de amônia fecal foi calculado segundo a equação: amoníaco-N (g / kg) = N × fator de correção × 17 × (volume de ácido em branco) / peso da amostra (g). O teor de amônia fecal foi corrigido para MS fecal.

2.2.6 Análises laboratoriais

O óleo de milho foi analisado para índice de acidez (Método 325/IV), índice de iodo (Método 329/IV), índice de peróxido (Método 326/IV) e índice de saponificação (Método 328/IV) de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008) e matéria insaponificável (Método 35) de acordo com Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2009). Os resultados estão apresentados na Tabela 2. O perfil de ácidos graxos do óleo de milho foi avaliado em cromatógrafo gasoso capilar, conforme American Oil Chemists' Society (AOCS, 2004), apresentados na Tabela 3.

Tabela 2. Análises realizadas no óleo bruto de milho.

Parâmetros - unidade	Resultados
Índice de acidez – mg KOH/g	3,0
Índice de iodo – cg de iodo/g	116,0
Índice de peróxido - mEq/kg	1,79
Índice de saponificação - mg KOH/g	164,0
Matéria insaponificável – g/100 g	0,86

As fezes secas e as dietas foram moídas à 1 mm e analisadas para determinação dos teores de MS à 105°C, PB (método 954.01), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA, método 954.02) e matéria mineral (MM, método 942.05), segundo a Association of the Official Analytical Chemists (AOAC, 1995). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co. model 1261, Moline, IL, USA). A matéria seca original das fezes foi obtida por: matéria seca 55 graus celsius (MS55) x matéria seca 105 graus Celsius (MS105) /100.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos, em % de ácidos graxos totais e energia bruta em kcal/kg do óleo de milho.

Ácidos graxos	% de Ácidos graxos totais	
	Óleo bruto de milho	Óleo de vísceras de aves
C6:0 (Ác. Capróico)	<0,01	-
C8:0 (Ác. Caprílico)	<0,01	-
C10:0 (Ác. Cáprico)	<0,01	-
C12:0 (Ác. Láurico)	<0,01	0,1
C14:0 (Mirístico)	<0,01	<0,1
C16:0 (Ác. Palmítico)	12,5	21,6
C16:1 (Ác. Palmitoléico)	<0,01	5,7
C17:0 (Margarico)	<0,01	-
C17:1 (Ác. Heptadecenóide)	<0,01	-
C18:0 (Ác. Estearico)	2,11	6,0
C18:1 (Ác. Oleico)	34,68	37,3
C18:2 (Ác. Linoleico)	48,02	19,5
C18:3 (Ác. Linolênico)	<0,01	1,0
C20:0 (Ác. Araquidônico)	<0,01	<0,1
C20:1 (Ác. Eicosenóico)	<0,01	<0,1
Total de Ácidos Graxos	82,7	65,0
Insaturados		
Total de Ácidos Graxos Saturados	15,17	28,6
Energia Bruta (kcal/kg)	9.471,0	

*Adaptado NRC (2006), Gunstone (1996)

2.2.7 Cálculos e análise estatística

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, PB, EEA, EB e EM das dietas experimentais:

$$\text{CDA\%} = ((\text{g nutriente ingerido} - \text{g nutriente excretado}) / \text{g nutriente ingerido}) \times 100$$

A EM foi estimada de acordo com a AAFCO (2003) segundo a fórmula:

$$\text{EM (kcal/g)} = \{ \text{kcal/g EB ingerida} - \text{kcal/g EB das fezes} - [(\text{g PB ingerida} - \text{g PB das fezes}) \times 1.25 \text{kcal/g}] \} / \text{g alimento ingerido}.$$

Os animais foram distribuídos em delineamento quadrado latino duplo 4 x 4 (tratamentos x períodos). Os dados foram previamente verificados quanto à sua normalidade (Shapiro-Wilk) e quando atendida essa premissa, os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), os níveis de óleo de milho foram usados para fazer análise de regressão a 5% de probabilidade. Em seguida, após verificar a ortogonalidade, foi realizado os seguintes contrastes ortogonais: Dieta referência (DR)

vs grupo da dieta com óleo de milho (4, 8 e 12 % OM, GOM) e Dieta referência (DR) vs dieta com 12OM. Para o escore fecal foi utilizado o teste Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

2.3 Experimento 2: Digestibilidade do óleo de milho

2.3.1 Objetivo

O objetivo deste experimento foi determinar a digestibilidade dos ingredientes óleo de milho e óleo de vísceras de frango.

2.3.2 Dietas

Foram avaliadas três dietas, sendo uma a dieta basal (DB), com inclusão de 8,0% sebo bovino, e duas dietas testes, compostas por 92% da fórmula da dieta basal e 8% de inclusão de OM, e a terceira dieta teve 8% de OV.

A dieta basal foi formulada para suprir as exigências nutricionais dos cães de acordo com NRC (2006). Após a extrusão, o alimento foi seco em um secador triple-deck (a 100-110°C), a adição das diferentes fontes de gordura foi realizada por aspersão, acrescida de hidrolisado de frango, como palatilizante, e por último resfriado.

Os ingredientes e a composição química analisada e calculada das dietas experimentais estão apresentados na Tabela 4.

2.3.3 Animais e instalações

Nove cães da raça Beagle (cinco machos e quatro fêmeas), com peso de 12,83 \pm 0,97 kg e 6 \pm 0,2 anos de idade, foram alojados individualmente nas mesmas instalações descritas no Experimento 1. Todos os animais foram previamente submetidos a exame clínico e físico, vacinados e desverminados.

2.3.4 Ensaio de digestibilidade

Foram utilizados os mesmos procedimentos descritos no Experimento 1.

Tabela 4. Ingredientes, composição química analisada (%) e nível de energia metabolizável calculadas da dieta basal (DB, com 8% de sebo bovino), com 8% óleo de milho (OM) e com 8% de óleo de vísceras de frango (OV).

Ingredientes (%)	DB	OM	OV
Milho	48,76	-	-
Farinha de carne e ossos	17,24	-	-
Farelo de trigo	5,0	-	-
Farelo de soja	15,0	-	-
Sebo bovino (SB)	8,0	-	-
Semente de linhaça	2,0	-	-
Cloreto de sódio	0,5	-	-
BHT	0,05	-	-
Propionato de cálcio	0,15	-	-
Palatabilizante	3,0	-	-
Premix ^a	3,0	-	-
Composição química analisada (%)			
Proteína Bruta	20,26	20,53	21,09
Matéria seca	90,73	91,14	90,93
Extrato etéreo	9,90	16,33	16,40
Fibra bruta	2,56	2,43	2,63
Matéria mineral	9,57	9,54	9,53
Ca	3,31	3,10	3,26
P	1,40	1,39	1,42
Composição química calculada			
EM (Kcal/kg) ^b	3226,57	3537,28	3585,09

^aSuplemento por kilograma da dieta: Vitamina A 16,900 IU, Vitamina D3, 2,340 IU, Vitamina E 104 mg/kg, Vitamina K 1,3 mg/kg, Vitamina B1 3,9 mg/kg, Vitamina B2 6,5 mg/kg, Ácido pantotênico 19,5 mg/kg, Niacina 32,5 mg/kg, Colina 1150,7 mg/kg, Zinco 156 mg/kg, Ferro 104 mg/kg, Cobre 13 mg/kg, Iodo 2,6 mg/kg, Manganês 45,5 mg/kg, Selênio 0,26 mg/kg.

^bEM (kcal/kg) = (3,5 x PB + 8,5 x EEA + 3,5 x ENN) (Case et al., 2000).

2.3.5 Análises laboratoriais

As fezes e as dietas foram moídas a 1mm e analisadas para determinação dos teores de MS à 105°C e extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA, método 954.02), segundo a AOAC (1995). A EB foi determinada em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co. model 1261, Moline, IL, USA).

Após os dados obtidos nas análises laboratoriais, foi calculada a digestibilidade da MS, EEA e EB do OM e OV foram estimados utilizando a metodologia proposta por Matterson et al. (1965), de acordo com a fórmula:

$$\text{CDAT (\%)} = \text{CDADB} + [(\text{CDADT} - \text{CDADB})/\% \text{ substituição na MS}/100]$$

onde:

CDAT = Coeficiente de digestibilidade aparente (%) do nutriente no ingrediente teste;
CDADB = Coeficiente de digestibilidade aparente (%) do nutriente na dieta basal;
CDADT = Coeficiente de digestibilidade aparente (%) do nutriente na dieta teste.

2.3.6 Análise estatística

Os dados foram analisados de acordo com um delineamento inteiramente casualizado, com dois períodos, totalizando três tratamentos com seis repetições de um animal cada. Os dados foram previamente verificados quanto à sua normalidade (Shapiro-Wilk) e quando atendida essa premissa foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC) e as médias foram comparadas pelo teste t-Student, a 5% de probabilidade.

2.4 Experimento 3: Ensaio de palatabilidade

2.4.1 Objetivo

Avaliar a palatabilidade das dietas com inclusão de OV vs OM com e sem palatabilizante.

2.4.2 Animais e alojamento

Foram utilizados 15 cães, sendo 7 machos e 8 fêmeas, sendo todos da raça Beagle ($12,1 \pm 1,3$ kg PC e $6 \pm 0,2$ anos de idade). Os cães foram alojados individualmente em baias de alvenaria com solário de 5 metros de comprimento x 2 metros de largura.

2.4.3 Dietas experimentais

As dietas avaliadas foram as mesmas dietas do experimento 1, dieta referência (DR, com 12,0% óleo de vísceras sem palatabilizante/DRSP e com/ DRCP) e a dieta com 12,0% óleo de milho (sem palatabilizante/OMSP e com/ OMCP). Quando foi adicionado palatabilizante, foi incluso 3% da mesma forma que no experimento 1, após a inclusão dos óleos.

2.4.4 Ensaio de palatabilidade

A palatabilidade foi determinada por meio da preferência alimentar e da primeira escolha comparando-se as dietas em pares (DCSP vs. OMSP e DCCP vs. OMCP), segundo Griffin (2003). Durante três dias consecutivos, as duas dietas a serem

comparadas foram oferecidas em dois potes uma vez ao dia, às 08:00 horas, durante um período de 30 minutos ou até os cães consumirem totalmente uma das dietas.

As quantidades fornecidas e as sobras foram quantificadas para calcular a preferência alimentar. A preferência alimentar foi calculada pela razão de ingestão entre as dietas segundo a equação: Razão de ingestão (%) = $[g \text{ ingeridas da dieta A ou B} / g \text{ totais consumidas (A + B)}] \times 100$.

A primeira escolha definida pelo registro do primeiro pote que o animal se aproximou durante a oferta simultânea dos alimentos. A posição dos potes foi alternada no segundo dia de teste para se evitar preferências por posição de alimentação.

2.4.5 Delineamento e análises estatísticas

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, totalizando 45 replicatas por teste (15 cães x 3 dias). Os dados foram primeiramente analisados para normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett). Em seguida, se atendidas as premissas, os dados de consumo voluntário foram analisados pelo teste t-Student e a primeira escolha pelo teste Qui-quadrado, ambos a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

3. Resultados

3.1. Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade e características das fezes

Com o aumento do nível de OM não foram observadas diferenças no CDA da MS, PB, EEA, EB e EM ($P > 0,05$, Tabela 5). Não foi observada diferença nas características fecais em cães alimentados com dietas contendo diferentes níveis de OM ($P > 0,05$, Tabela 6). Quando foi comparado a DR x GOM e DR x 12OM também não foram observadas diferenças na digestibilidade e características fecais ($P > 0,05$, Tabela 5 e 6).

Tabela 5. Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) dos nutrientes e características fecais de cães alimentados com dietas contendo óleo de vísceras (OV, Dieta Referência), 4M (8% OV e 4% de óleo de milho, OM), 8OM (4% OV e 8 % de óleo de milho, OM) e 12OM (12% de OM).

CDA	DR	4OM	8OM	12OM	EPM ^f	Valor de P	
						DR x GOM ^g	DR x12OM ^h
MS ^a	80,01	80,40	78,20	79,20	0,455	0,921	0,943
PB ^b	80,83	81,61	79,37	80,00	0,442	0,968	0,927
EEA ^c	97,72	97,98	97,23	96,68	0,244	0,901	0,510
EB ^d	84,20	83,71	82,28	83,54	0,414	0,766	0,955
EM ^e (kcal/kg)	3891,1	3835,1	3864,6	3911,5	23,504	0,859	0,976

^a Matéria seca.

^b Proteína Bruta.

^c Extrato etéreo em hidrólise ácida.

^d Energia Bruta.

^f Erro padrão da média;

^g Dieta referência vs grupo da dieta com óleo de milho (4, 8 e 12% OM) (P< 0,05);

^h Dieta referência vs 12OM (P< 0,05);

Tabela 6. Características fecais de cães alimentados com dietas contendo óleo de vísceras (Dieta referência, DR), 4OM (8% OV e 4% de óleo de milho, OM), 8OM (4% OV e 8% de óleo de milho, OM) e 12OM (12% de OM).

	DR	4OM	8OM	12OM	EPM ^c	Valor de P	
						DR x GOM ^d	DRx12OM ^e
Escore	3,4	3,3	3,3	3,3	-	-	-
pH	6,79	7,05	6,82	6,92	0,072	0,881	0,948
NH ₃ ^a	0,050	0,048	0,053	0,048	0,0001	0,980	0,986
MS	40,103	39,801	39,017	39,458	0,331	0,861	0,928
PF ^b	269,9	262,8	293,4	279,5	4,51	0,852	0,886

^a Nitrogênio amoniacal.

^b Produção fecal (g fezes MS/5 dias).

^c Erro padrão da média;

^d Dieta referência vs grupo da dieta com óleo de milho (4, 8 e 12% OM) (P< 0,05);

^e Dieta referência vs 12OM (P< 0,05);

3.2. Experimento 2: Digestibilidade do óleo de milho

A digestibilidade da MS, do EEA e da EB e o teor de EM do óleo de milho bruto e do óleo de vísceras, bem como a ingestão de MS (g/dia) foram semelhantes entre as dietas (P>0,05, Tabela 7 e 8). Em relação às características fecais, o escore fecal (EF) e matéria seca fecal (MSf) não diferiram entre os tratamentos (P>0,05). Já a produção fecal (PF) foi maior para a DB (dieta basal com sebo bovino), conforme Tabela 8 (P<0,05).

Tabela 7. Média do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA, %) da MS, extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA), EB e EM (kcal/kg) do óleo de milho e óleo de vísceras.

Item	Óleo de milho	Óleo de vísceras	P ¹	EPM ²
CDA MS	98,72	96,05	0,202	0,639
CDA EEA	98,62	97,94	0,112	2,355
CDA EB	99,79	98,68	0,092	3,377
EM (kcal/kg)	9743,54	8901,64	1,127	347,56

¹ Médias comparadas pelo Teste t-student (P>0,05);

² Erro padrão da média

Tabela 8. Características fecais de cães alimentados com a dieta basal (DB, sebo bovino), OM (óleo de milho) e óleo de vísceras (OV).

Item	Dieta basal	OM	OV	P	EPM ⁴
Ingestão de MS (g/dia)	236,06	227,3	228,5	0,602	3,66
EF ¹	3,0	3,0	3,3	0,735	-
MSf ² (%)	39,3	39,9	40,8	0,634	0,06
PF ³ g fezes MS/5 dias	0,214 ^b	0,186 ^a	0,188 ^a	0,044	0,005

^{a,b} Médias na mesma linha diferem pelo teste de Tukey (P<0,05)

¹ Escore fecal; medianas comparadas por Kruskal –Wallis;

² Matéria seca fecal: Média comparadas por Teste de Tukey.

³ Produção fecal: produção fecal na matéria natural (g) / ingestão de alimento em base na MS (g) / dias de coleta.

⁴ Erro padrão da média.

3.3. Experimento 3: Palatabilidade de dietas contendo óleo de milho

O número de visitas e a razão de ingestão das dietas com óleo de milho e óleo de vísceras, com e sem inclusão de palatilizante foram semelhantes (P>0,05, Tabela 9).

Tabela 9. Número de primeira visita ao pote com a dieta A (n) e razão de ingestão (RI + erro padrão) de cães alimentados com a dieta referência (com óleo de vísceras sem palatilizante/DRSP e com/ DRCP) e dieta com óleo de milho (sem palatilizante/OMSP e com/ OMCP).

Dieta A x B	n ^a	RI da dieta A ^b
DRSP x OMSP	22	0,53 ± 0,06
DRCP x OMCP	19	0,52 ± 0,06

Número de visitas ao pote com dieta A não difere pelo teste qui-quadrado e RI pelo teste-t (P>0,05);

^a Número de visitas ao pote com a dieta B é obtida como 45 – n;

^b RI: [g ingeridas da dieta A ou B/ g totais fornecidas (A + B)] x 10

4. Discussão

O óleo de milho (OM) geralmente é extraído do gérmen (cerca de 85%) por processo úmido, utilizando uma combinação de prensagem mecânica e/ou solvente. O solvente é removido no final do processo por evaporação e posteriormente recuperado e reutilizado (Cornoil, 2006). O óleo cru obtido é refinado para uso na alimentação humana. Nesse estudo, foi utilizado o óleo cru extraído apenas por prensagem mecânica, sem o uso de solvente e não refinado.

O refinamento inclui etapas para neutralizar os ácidos graxos livres e remover fosfatídeos, ceras e pigmentos (Cornoil, 2006). O óleo utilizado neste estudo não foi refinado, apresentando cor amarelo escura e odor característico de milho, que não são aceitos para consumo humano. Contudo, foi bem aceito pelos cães. O óleo utilizado não foi submetido a nenhum processo térmico antes de ser incluído na ração, evitando o escurecimento da cor e a presença de precipitações que podem ocorrer quando o óleo bruto é aquecido (Cornoil, 2006).

Não foram encontrados na literatura estudos avaliando o óleo de milho como principal fonte de gordura em dietas de cães. Devido à alta disponibilidade deste ingrediente no Brasil, é interessante avaliar seus efeitos sobre a digestibilidade e palatabilidade de rações para cães.

Os resultados do Experimento 1 mostram que os níveis de OM avaliados não reduziram digestibilidade dos nutrientes e o teor de EM das rações em comparação com a dieta referência, com a inclusão de OV, uma das fontes de gordura mais utilizada na nutrição de cães (ANFALPET, 2011). Em um estudo com ratos, Apgar et al. (1986) verificaram que o OM apresentou maior digestibilidade que manteiga de cacau, com alto teor de ácidos graxos saturados. Além disso, os autores observaram que os coeficientes de digestibilidade aumentaram com o aumento do teor de ambas as fontes de gordura na dieta. Este efeito pode ser explicado pelo aumento hiperbólico da digestibilidade aparente da gordura com o aumento do consumo (Kendall, 1984). Romsos et al. (1976) substituíram amido de milho por banha de suínos como fonte de energia em dietas para cães e também verificaram maior digestibilidade das dietas contendo níveis mais altos de gordura. No entanto, esse efeito não foi verificado no presente estudo porque as dietas do experimento 1 continham o mesmo nível de inclusão de lipídeos, independente da fonte.

Foram encontradas na literatura estudos avaliando a inclusão de óleo de milho em dietas de equinos (Resende Junior et al., 2004), vacas em período de lactação

(Elliott et al., 1993), bovinos em terminação (Vander Pol et al., 2009) e suínos recém desmamados (Cera et al., 1989). King et al. (2004) compararam o OM ao ácido linoleico conjugado (CLA) e ao sebo bovino na deposição de ácidos graxos na carcaça de suínos. Também foram encontrados estudos avaliando o OM para poedeiras comerciais, com o objetivo de aumentar o peso dos ovos (Harms et al., 2000; Bonhsack, et al. 2002; Merkel et al., 2002; Antar et al., 2004).

Muitos dos estudos que avaliaram a inclusão de OM em rações mencionam o seu alto teor de ácido linoleico e de ácidos graxos insaturados. Marx et al. (2015) verificaram maior digestibilidade da gordura em rações de cães adultos com óleo de soja do que com sebo bovino. Segundo os autores, a menor digestibilidade do sebo bovino se deve à sua concentração quase dez vezes maior de ácido esteárico (33,90%) em relação ao óleo de soja (3,97%), uma vez que este ácido é pobremente absorvido nos enterócitos. De acordo com Ricketts & Brannon (1994), a quantidade de lipídios no trato gastrointestinal e o seu perfil de AG regulam a atividade de secreção da lipase pancreática e, conseqüentemente, a sua digestibilidade.

Em um experimento com gatos, Pontieri (2008) verificou maior digestibilidade dos ácidos graxos poliinsaturados em comparação aos monoinsaturados e saturados. Ainda, observou que os ácidos graxos polinsaturados de cadeia longa eicosadienóico e araquidônico tiveram digestibilidade aparente de 100%. Embora a digestibilidade dos ácidos graxos não tenha sido avaliada no presente estudo, não foram observadas diferenças na digestibilidade das dietas (Experimento 1), uma vez que o OV, mesmo sendo de origem animal, possui maior quantidade de AG insaturados.

Ainda, foi avaliada a digestibilidade de dietas com OM e a digestibilidade do próprio ingrediente. Na literatura, a maioria dos estudos que avaliam ingredientes de rações relata a digestibilidade das dietas e há poucas informações sobre a real disponibilidade de nutrientes em ingredientes específicos. Este conhecimento permitiria a melhor utilização destes ingredientes na formulação de rações (Carciofi, 2008). Além disso, grande parte dos estudos foram realizados com ingredientes proteicos (Kawauchi et al., 2011; Félix et al., 2013).

De forma geral, cães e gatos digerem muito bem a gordura (Case et al., 2011; Marx et al. 2015), como observado no presente estudo, com altos valores do CDA do EEA (98,7 e 96,0% do OM e OV, respectivamente) e sem diferença entre estas fontes de gordura. As dietas experimentais continham níveis máximos de EEA entre 15 e 16%, sendo que as recomendações da AAFCO (2004) são, com base na MS, de 8%

para cães em crescimento e de 5% para cães adultos em dietas com 3500 kcal de EM/kg. Segundo Kendall (1984), os cães possuem grande tolerância à gordura na dieta (5 a 66% da dieta), mas a maioria das rações secas para cães contém entre 5 a 13% em base da MS (Case et al., 2011). Embora tenham sido utilizados níveis de gordura superiores aos recomendados, o limite de capacidade de absorção pelos cães não foi ultrapassado, como demonstrado pelos escores fecais normais, sem a presença de diarreia em nenhum dos tratamentos. Caso contrário, os cães produzem fezes gordurosas e moles, chamada esteatorreia (Case et al., 2011).

Faber et al. (2011), avaliando dietas com níveis de inclusão de gordura próximos a 13%, também determinaram escores fecais normais em cães. No estudo de Biourge & Fontaine (2004), cães apresentaram melhora do escore fecal quando alimentados com uma dieta com 19% de gordura e fonte de proteína de alta digestibilidade.

No experimento 2, os cães alimentados com a dieta referência apresentaram a maior produção fecal. No entanto, o escore fecal e o teor de matéria seca das fezes não foram afetados. Estes resultados são diferentes dos obtidos por Gröner & Pfeffer (1997) e por Marx et al. (2015), que verificaram que o sebo bovino aumentou o teor MSf quando comparado com o óleo de soja.

O óleo de milho utilizado no presente estudo não passou por refinamento. Desta forma, a possível presença de substâncias, como ácidos graxos livres, fosfatídeos, mucilagens, pigmentos e pesticidas, poderia também influenciar a aceitação da dieta pelos animais. No entanto, isso não foi observado, como demonstrado pelos resultados de primeira escolha e consumo de ração. Embora Rainbird et al. (1988) tenham afirmado que os cães podem preferir rações com gordura de origem animal, devido ao sabor e maior palatabilidade, não houve diferença no consumo de ração entre as dietas com OM ou OV, com ou sem palatilizante, mostrando que óleos de origem vegetal também apresentam boa aceitabilidade e palatabilidade da dieta.

5. CONCLUSÃO

Em conclusão, as dietas com óleo de milho apresentam digestibilidade semelhantes às com óleo de vísceras. O óleo bruto de milho tem alta digestibilidade e apresenta boa aceitabilidade pelos cães. Nos níveis inclusão avaliados (até 12%), o óleo de milho não afeta as características fecais. Portanto, o óleo de milho pode ser utilizado como fonte de gordura em rações de cães.

6. Referências Bibliográficas

- Association of American Feed Control Officials, 2003. Dog and Cat Nutrient Profiles. Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA.
- Association of the Official Analytical Chemists, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, D.C., USA.
- Aboissa óleos vegetais, óleo de milho. 1990. <https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&esth=1&ie=UTF-8#q=%C3%B3leo+de+milho+processamento>. (Accessed 10 January 2015).
- Ahlstrøm, Ø., Krogdahl, A., Vhile, S.G., Skrede, A., 2004. Fatty acid composition in commercial dog foods. J. Nutr. 134, 2145-2147.
- American Oil Chemists' Society, 2004. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 5th ed. Champaign.
- Antar, R.S., Harms, R.H., Shivazad, M., Faria, D.E., Russell, G.B., 2004. Performance of commercial laying hens when six percent corn oil is added to the diet at various ages and with different levels of tryptophan and protein. Poult. Sci. 83, 447–455.
- Associação nacional dos fabricantes de alimentos para animais de estimação - ANFAL Pet. Manual do programa integrado de qualidade pet - PIQ PET, 2011.
- Apgar, J.L., Shively, C.A., Tarka, A.M., 1986. Digestibility of cocoa butter and corn oil and their influence on fatty acid distribution in rats. Am. Inst. Nutr. 660-665.
- Biourge, V. C., Fontaine, J. 2004. Exocrine pancreatic insufficiency and adverse reaction to food in dogs: A positive response to a high-fat, soy isolate hydrolysate-based diet. J. Nutr. 134, 2166-2168.
- Bohnsack, C. R., R. H. Harms, W. D. Merkel, and G. B. Russell. 2002. Performance of commercial layers when fed diets with four levels of corn oil or poultry fat. J. Appl. Poult. Res. 11:68–76.
- Brito, C.B.M., Félix, A.P., Jesus, R.M., França, M.I., Oliveira, S.G., Krabbe, E.L., Maiorka, A., 2010. Digestibility and palatability of dog foods containing different

- moisture levels, and the inclusion of a mould inhibitor. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159, 150-155.
- Carciofi, A.C., 2008. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. 2008. *R. Bras. Zootec.* 37, 28-41.
- Carciofi, A.C., Oliveira, L., Valério, A., Borges, L.L., Carvalho, F., Brunetto, M.A., Vasconcellos, R.S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151, 251–260.
- Case, L.P., Carey, D.P., Hirakawa, D.A., Daristotle, L., 2000. *Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals*, 2nd ed. Mosby, St. Louis.
- Cera, K.R., Mahan, D.C., Reinhart, G.A., 1989. Apparent digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.* 67, 2040-2047.
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), 2016. Acompanhamento da safra Brasileira grãos. Quarto levantamento, 3. Available at: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf. Accessed on Feb. 10, 2017.
- Corn Refiners Association, 2006. *Corn Oil*. 5° Edição. Washington D.C. Available at: <
<https://corn.org/wp-content/uploads/2009/12/CornOil.pdf>. Accessed on Mar. 15, 2015.
- Elliott, J.P., Drackley, J.K., Schauff, D.J., Jaster, E.H., 1993. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 76, 775-89.
- Faber, T.A., Hopkins, A.C., Middelbos, I.S., Price, N.P., Fahey, G.C., 2011. Galactoglucomannanoligossaccharides supplementation affects nutrients digestibility, fermentation end-product production, and large bowel microbiota of the dog. *J. Anim. Sci.* 89, 103-112.
- Félix, A.P., Zanatta, C.P., Brito, C.B.M., Oliveira, S.G., Maiorka, A., 2013. Digestibility and metabolizable energy of raw soybeans manufactured with different processing treatments and fed to adult dogs and puppies. *J. Anim. Sci.* 91, 2794-2801.

- Griffin, R., 2003. Palatability testing methods: parameters and analyses that influence test conditions. In: *Petfood Technology*, 1 ed. Watt Publishing Co., Mt.Morris, IL, pp. 187–193
- Gröner, T.; Pfeffer, E. 1997. Estimation of digestible energy in dry extruded dog foods. *J Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 77, 207-213.
- Gunstone, F. D. 1986. Fatty acid structure. Pages 1–23 in *The Lipid Handbook*. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, and F. B. Padley, ed. Chapman and Hall Ltd., New York.
- Harms, R. H., G. B. Russell, and D. R. Sloan. 2000. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *J. Appl. Poult. Res.* 9:535–541.
- Kawauchi, I.M., Sakomura, N.K., Vasconcellos, R.S., de-Oliveira, L.D., Gomes, M.O.S., Loureiro, B.A., Carciofi, A.C., 2011. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured by two different techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.* 169, 96-103.
- Kendall, P.T., 1984. Fats in animal nutrition. The use of fat in dog and cat diets. London, Butterworths. 383-404.
- King, D.A., Behrends, J.M., Jenschke, B.E., Rhoades, R.D., Smith, S.B., 2004. Positional distribution of fatty acids in triacylglycerols from subcutaneous adipose tissue of pigs fed diets enriched with conjugated linoleic acid, corn oil, or beef tallow. *Meat Sci.* 67, 675-681.
- Marx, F.R., Trevizan, L., Ahlstrøm, Ø., 2015. Soybean oil and beef tallow in dry extruded diets for adult dogs. *Arch. Anim. Nutr.* 69, 297-309.
- Matterson, L.D., Potter, L.M., Stutuz, N.W., Singsen, E.P., 1965. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Research Report*, 7, 3-11.
- NRC, 2006. *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. National Academies Press, Washington, CD, USA.
- Pontieri, C.F.F., 2008. Avaliação nutricional de diferentes fontes de gordura e o uso de lecitina em alimentos extrusadas para gatos. Tese (doutorado) – Universidade

Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 98p.

- Rainbird, A L. 1988. A balanced diet. Dog and cat nutrition. 2nd ed, Oxford: Pergamon Press, 57-74.
- Rezende Junior, T., Rezende, A.S.C., Lacerda Junior, O.V., Bretas, M., Lana, A., Moura, R.S., Resende, H.C., L., 2004. Efeito do nível de óleo de milho adicionado à dieta de eqüinos sobre a digestibilidade dos nutrientes. Ar. Bras. Med. Vet. Zootec. 56, 69-73.
- Ricketts J, Brannon PM., 1994. Amount and type of dietary fat regulate pancreatic lipase expression in rats. J Nutr. 124, 1166-1171.
- Romsos, D.R., Belo, P.S., Bennink, M.R., Bergen, W.G., Leveille, A., 1976. Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. J. Nut., 1452-1464.
- Vander Pol, K.J., Luebbe, M.K., Crawford, G.I., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn

CAPÍTULO III - Perdas endógenas, digestibilidade verdadeira e aparente de cães adultos e filhotes alimentados com dietas contendo óleo de vísceras de frango

RESUMO

Objetivou-se avaliar o coeficiente de digestibilidade aparente do trato total (CDA, %) dos nutrientes, valor de perdas endógenas da gordura (VPE), EM, coeficiente de digestibilidade verdadeira da gordura (CDV, %), características fecais de cães adultos e cães em crescimento. Para isso, foram utilizados 16 cães filhotes (5 meses) e 8 cães adultos ($6 \pm 0,2$ anos), distribuídos em quadrado latino, com cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta total das fezes. Uma dieta basal foi formulada e sobre ela foram adicionados crescentes níveis de óleo de vísceras (OV, 6%, 12% e 18%). O valor de perdas endógenas foi estimado utilizando dois métodos (mg de EEA/kg PC/dia e g/kg de MS ingerida), com regressão hiperbólica e linear, respectivamente. Em seguida, foi calculado o CDV da gordura. O CDA do extrato etéreo (EEA) e EM aumentaram com a inclusão de óleo de vísceras para cães adultos e cães filhotes ($P < 0,05$). Já o CDA da MS, PB, EB e EM foi maior em cães adultos do que filhotes ($P < 0,05$). Enquanto, o CDA do EEA foi maior em cães filhotes ($P < 0,05$). O valor de perdas endógenas (VPE) estimado pelo método de regressão hiperbólica resultou as equações $y = 98,1094 - 13,6202/x$ e $y = 99,1280 - 26,1366/x$, sendo $y =$ CDA do EEA (%) e $x =$ ingestão de EEA/dia (g/kg de PC), para cães adultos e filhotes, respectivamente. O VPE da primeira metodologia foi de 138 mg e de 262 mg de gordura/kg de PC/dia para cães adultos e filhotes, respectivamente. Enquanto o VPE estimado pela segunda metodologia foi de 7,89 g/kg de MS ingerida e 8,97 g/kg de MS ingerida, para cães adultos e filhotes, respectivamente. O CDV foi estimado e em ambas metodologias os cães filhotes tiveram os maiores valores ($P < 0,05$). A produção fecal (MN e MS) diminuiu com a maior inclusão de OV ($P < 0,05$). As fezes dos cães filhotes tiveram menor MSf e escore fecal, e maior produção de NH_3 do que cães adultos ($P < 0,05$). Desta forma, conclui-se que tanto cães filhotes como adultos aproveitam muito bem a gordura, chegando o CDV próximo de 100%. O CDA da gordura é subestimado, devido ao VPE, principalmente em dietas com menores valores de gordura. Além disso, em cães filhotes tal efeito é ainda maior, uma vez que o VPE é maior do que cães adultos.

Keywords: cães em crescimento, digestibilidade verdadeira, equação de regressão metabolismo de gordura

Endogenous fat losses and true and apparent fat digestibility in adult and growing dogs fed diets containing poultry fat

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the coefficient of total tract apparent digestibility (CTTAD, %) of dietary nutrients, endogenous fat loss (EFL), dietary metabolizable energy (ME) content, coefficient of true digestibility of fat (CTD, %), and fecal parameters of growing and adult dogs. A total of 16 puppies (5 mo) and 8 adult dogs (6 ± 0.2 y) were distributed according to a double Latin square, with five d of adaptation and five d of total fecal collection. A basal diet was formulated, to which increasing levels (6%, 12% and 18%) of poultry fat oil (POF) were added, totalizing four diets. Nutrient CTTAD and ME levels were determined using the total fecal collection method. Endogenous fat losses were estimated using hyperbolic and linear regression as a function of LW/d and dry matter (DM) intake, respectively, and the coefficient of true digestibility (CTD) of fat was calculated. The CTTAD of acid-hydrolysis ether extract (AHEE) and ME content increased as dietary POF level increased both in adult dogs and puppies ($P < 0.05$). Higher CTTAD of dry matter (DM), crude protein (CP), and gross energy (GE) and ME content, and lower CTTAD of AHEE were determined in adult dogs than in puppies ($P < 0.05$). EFL were estimated by hyperbolic regression as $y = 98.1094 - 13.6202/x$ and $y = 99.1280 - 26.1366/x$, where y = CTTAD of AHEE (%) and x = AHEE intake/kg BW, for adult dogs and puppies, respectively, and yielded EFL values of 138 mg and 262 mg AHEE/kg BW/d for adult dogs and puppies, respectively. The EFL estimated by linear regression were 7.89 g and 8.97 g/kg DM intake for adult dogs and puppies, respectively. The CTD estimated by both methodologies were higher in puppies than in adults ($P < 0.05$). Fecal output (on fresh matter and DM basis) linearly decreased as POF levels increased ($P < 0.05$). Lower fecal DM and score, and higher ammonia production were obtained in puppies than adult dogs ($P < 0.05$). The results indicate good fat utilization, as shown by the CTD close to 100%, by dogs of both ages, and that fat digestibility is underestimated, as the CTTAD of AHEE does not take into account EFL, particularly at low fat inclusion levels and in growing dogs, which have greater EFL than adult dogs.

Keywords: growing dogs, true digestibility, regression equation, fat metabolism.

1. Introdução

A gordura, bem como o aproveitamento desta pelos cães é bastante estudada. Os cães possuem boa aceitação em relação aos níveis de gordura (dietas variando de 5% a 66% de gordura) e boa capacidade de digestão desse componente (Kendall, 1984). Ainda, são importantes como fonte de energia Hewson-Hughes et al. (2013), e importante também por melhorar a palatabilidade das dietas (Case et al., 2011). De forma geral, as dietas comerciais possuem de 5% a 13% de gordura na base seca.

Há alguns estudos avaliando a digestibilidade de diversas fontes de gordura para cães e gatos (Marx et al., 2015; Pontieri, 2008). Também, há poucas informações sobre o aproveitamento dos nutrientes em cães como menos de 1 ano de idade (Swanson et al., 2004) e da digestibilidade de cada nutriente de cães com diferentes idades (Taylor et al., 1995; Weber et al., 2003; Swanson et al., 2004; Félix et al., 2013).

De forma geral, as gorduras possuem alta digestibilidade, como consequência há pouca eliminação nas fezes. Contudo, o conteúdo fecal de gordura não é necessariamente resultante das frações indigeríveis da dieta. Pode ser proveniente das secreções digestivas, descamação de células, entre outras fontes (Clement, 1975). Na maior parte dos estudos avaliando perdas endógenas foram estimadas as perdas endógenas da proteína e AA (Kendall et al., 1982a; Hendricks et al., 2002; Hendriks et al., 2013).

Já para estimar as perdas endógenas das gorduras poucas informações foram encontradas (Sperry, 1926; Kendall, 1984; Marx et al., 2017). No entanto há divergências quanto à metodologia empregada e forma de estimar a gordura nas amostras. Em adição, não foi encontrado nenhum estudo avaliando isso em cães filhotes. Estimando as perdas endógenas permite-se ajustar e obter o coeficiente de digestibilidade verdadeira da gordura das dietas, melhorando a eficiência para formular dietas para estes animais.

Desta forma, objetivou determinar o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes, valor de perdas endógenas, coeficiente de digestibilidade verdadeira, energia metabolizável e características fecais de cães Beagles adultos e filhotes alimentados com dietas com crescente inclusão de óleo de vísceras.

2. Material e métodos

Os experimentos foram aprovados, protocolo 037/2014, pelo Comitê de ética ao uso de animais do setor de Ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil.

2.1 Animais e instalações

Oito cães Beagles adultos saudáveis ($6 \pm 0,2$ anos de idade, $12,63 \pm 0,98$ kg, sendo 4 machos e 4 fêmeas) e 16 cães Beagles filhotes (5 meses, $5,24 \pm 0,42$ kg, sendo 8 fêmeas e 8 machos) foram utilizados. Para os animais adultos, cada cão correspondeu a uma unidade experimental. Já para os filhotes, cada dois cães corresponderam a uma unidade experimental. Todos os animais passaram por exame clínico e físico, foram vacinados, desverminados e alojados individualmente em baias de alvenaria cobertas (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.2 Dietas

Uma dieta com baixa gordura (7,23 % na MS) foi formulada e utilizada como dieta controle, de acordo com a Tabela 1. Nas outras 3 dietas, foram incluídos níveis crescentes (6,0, 12,0 e 18,0 %) de óleo de vísceras de frango (OV) por cobertura. Para evitar perdas e garantir consumo adequado, o OV era adicionado às dietas imediatamente antes de cada alimentação em cada pote dos animais e logo em seguida fornecido aos mesmos. Todas as dietas também receberam 1,0 % de palatilizante, adicionados juntamente com o óleo. Sub-amostras de ração já misturadas com OV eram coletadas diariamente e congeladas, para posterior análise.

2.3 Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi realizado pelo método de coleta total, cada período contou com cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta total das fezes, de acordo com as recomendações da AAFCO (2003).

Os cães foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 h e 16:00 h), a quantidade foi calculada para atender as exigências de energia metabolizável (EM), de acordo com a equação proposta pelo NRC (2006) para cães adultos: $Kcal/d = 130 \times PC^{0,75}$, e para cães em crescimento: $Kcal/d = 130 \times PC^{0,75} \times 3,2 \times (e^{-0,87p} - 0,1)$, onde p = peso atual/peso na idade adulta. A água foi fornecida à vontade. As fezes foram coletadas pelo

menos duas vezes ao dia, pesadas, identificadas por período/animal e armazenadas em freezer (-14 °C).

Tabela 1. Ingredientes e composição química analisada e calculada da dieta controle (DC) e das dietas contendo níveis de óleo de vísceras.

Item	DC	Níveis de óleo de vísceras (%)		
		6,0	12,0	18,0
Ingrediente (%)				
Quirera de arroz	50,17	50,17	50,17	50,17
Glúten de Milho 60	17,69	17,69	17,69	17,69
Farelo de soja	15,00	15,00	15,00	15,00
Farinha de carne	7,68	7,68	7,68	7,68
Farinha de vísceras de aves	4,76	4,76	4,76	4,76
Sal comum	0,45	0,45	0,45	0,45
Hidrolisado de frango	3,0	3,0	3,0	3,0
BHA	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
BHT	0,015	0,015	0,015	0,015
Óleo de vísceras de frango	0,0	6,0	12,0	18,0
Suplemento mineral-vitamínico ¹	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição química (% base em matéria seca)				
Matéria seca	89,1	89,32	89,55	90,06
Proteína Bruta	30,1	28,82	28,67	26,35
EEAH ²	7,23	10,85	13,34	19,83
Fibra bruta	3,0	2,98	2,31	2,64
Matéria mineral	6,35	5,86	5,35	5,07
Cálcio	1,01	1,01	1,03	0,99
Fósforo total	1,14	1,10	1,09	0,90
EM (kcal/kg) ³	4151,52	4402,48	4933,07	5647,70

¹Enriquecimento.kg de alimento -1: Vit. A - 20000 UI; Vit. D3 - 2000 UI; Vit. E - 480 UI; Vit. K3 - 48 mg; Vit. B1 - 4 mg; Vit. B2 - 32 mg; B12 - 0,2mg; Ácido Pantotênico -16 mg; Niacina - 56 mg; Colina - 800 mg; Zinco - 150 mg; Ferro -100 mg; Cobre -15 mg; Iodo - 1.5 mg; Manganês - 30 mg; Selênio - 0,2 mg e antioxidante 240 mg.

²EEAH: extrato etéreo em hidrólise ácida;

³EM: energia metabolizável estimada de acordo com NRC (2006);

2.4 Características das fezes

As características das fezes foram avaliadas pelo teor de MS fecal (MSf), produção de fezes (g fezes/g MS ingerida/ 5 dias), escore fecal, concentração de amônia e pH. As análises de pH fecal e concentração de amônia foram realizadas em fezes coletadas no máximo 15 min após a defecação. O escore fecal foi avaliado sempre pelo mesmo pesquisador, atribuindo-se notas de 1 a 5, sendo: 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias e mal formadas; 3 = fezes macias, formadas e úmidas; 4 = fezes bem formadas e consistentes; 5 = fezes bem formadas, duras e secas, de acordo com Carciofi et al.(2009).

O pH fecal foi mensurado por meio de um pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste Ltda, São Paulo, SP, Brazil), utilizando 2,0 g de fezes frescas (coletadas no máximo 15 min após a defecação) e diluídas com 20 mL de água destilada. O teor de amônia nas fezes foi realizado de acordo com Brito et al. (2010) foi determinado em 5 g de fezes, as quais foram incubadas em balão de vidro de 500 mL, contendo 250 mL de água destilada durante 1 h. Em seguida, três gotas de álcool octílico (1-octanol) e 2 g de óxido de magnésio foram adicionadas à solução, que foi destilado em aparelho Macro-Kjeldahl (Vapodest 200, Gerhardt, Koenigswinter, Germany) e recuperado em copo contendo 50 mL de ácido bórico. Finalmente, a amônia foi titulada, utilizando ácido sulfúrico 0,1 N normalizados. A concentração de amônia fecal foi calculada como: $\text{amônio-N (g / kg)} = N \times \text{fator de correção} \times 17 \times (\text{volume de ácido - em branco}) / \text{peso da amostra (g)}$. Concentração de amônia fecal foi corrigida para MS fecal.

2.5 Análises laboratoriais

Ao final de cada período, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada à 55°C durante 48 h até peso constante. Após secas as fezes e as dietas foram moídas à 1mm e analisadas para determinação dos teores de MS à 105°C, PB (método 954.01), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEAH, método 954.02) e matéria mineral (MM, método 942.05), segundo a AOAC (1995). A EB foi determinada em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co. model 1261, Moline, IL, USA). A matéria seca original das fezes foi obtida por: $(\text{MS}_{55} \times \text{MS}_{105}) / 100$.

2.6 Cálculos

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) da MS, PB, EEA, EB e EM das dietas experimentais:

$$\text{CDA\%} = ((\text{g nutriente ingerido} - \text{g nutriente excretado}) / \text{g nutriente ingerido}) \times 100$$

$$\text{A EM foi estimada de acordo com a AAFCO (2003): } \text{EM (kcal/dia)} = 130 \times \text{PC}^{0,75}$$

$$\text{EM (kcal/g)} = \{ \text{kcal/g EB ingerida} - \text{kcal/g EB das fezes} - [(\text{g PB ingerida} - \text{g PB das fezes}) \times (1,25 \text{ kcal/g})] \} / \text{g ração ingerida.}$$

Os valores de perdas endógenas (VPE) foram estimados segundo duas metodologias: regressão hiperbólica não linear e regressão linear, de acordo com

Kendall (1984) e Kil et al. (2010), respectivamente. A primeira metodologia foi baseada na ingestão de EEAH (g de EEAH/ kg PC/dia) e o CDA do EEA (%). Já a segunda, foi calculada usando ingestão de gordura por kg PC/dia e ingestão de gordura (g/kg de MS ingerida), sendo o VPE (g/kg PC/dia) considerado como o intercepto do eixo x. Para cada metodologia, foi calculada uma equação para cada idade (adultos e filhotes). Os valores de digestibilidade verdadeira (CDV, %) do extrato etéreo foram calculados, deduzindo o valor de perda endógena de cada animal, baseado em seu peso corporal, de acordo com a equação abaixo:

$$\text{CDV (\%)} = \{ \text{EEA ingerido (g/d)} - [\text{EEA excretado} - \text{VPE EEA (VPE calculado} \times \text{PC)}] / \text{EEA ingerido} \}$$

Para a segunda metodologia, foi utilizado um modelo linear, o qual relacionou o EEA digestível (g/kg MS) e ingestão de gordura (g/kg MS), enquanto a digestibilidade verdadeira da gordura foi considerada como sendo o *slope* da regressão linear e o VPE sendo o valor de intercepto.

2.7 Delineamento e análises estatísticas

Os dados de CDA dos nutrientes, EM, CDV e características das fezes de cães adultos e filhotes foram analisados de acordo com um duplo quadrado latino (4 tratamentos x 4 períodos), em esquema fatorial 2 x 4 (idades x níveis de inclusão de OV). Também foi realizada regressão linear separadamente para as idades. Os dados foram previamente analisados quanto à sua normalidade (Shapiro-Willk) e quando atendida essa premissa foram submetidos à ANOVA, utilizando o procedimento GLM (Statgraphics Plus, [http:// www.statgraphics.com/](http://www.statgraphics.com/)). E as médias comparadas pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. O VPE foi estimando pela equação hiperbólica e linear utilizando a função regressão avançada do módulo do Statgraphics Plus para Windows 4.1 software. O escore fecal foi analisado pelo teste Kruskal-Wallis à 5% de probabilidade.

3. Resultados

3.1 Ingestão de alimento

Durante o período experimental os cães adultos e filhotes permaneceram saudáveis e ingeriram toda a ração fornecida. Os Beagles filhotes, tiveram maior IMS/kg de peso corporal (32,37 vs 53 IMS g/d/kg PC), de extrato etéreo (4,03 vs. 6,71 IEA g/d/kg PC) e ingestão de EM (0,61 vs 1,018 IEM/kg/PC^{0,75}) do que os cães adultos

($P < 0,05$, Tabela 2). Foi observado interação entre a idade e consumo de EEA (figura 1). As dietas com maior quantidade de gordura tiveram menor IMS/dia. /kg PC em filhotes e adultos ($P < 0,05$, Tabela 2). A IMS foi menor para as dietas com maiores inclusões de OV (12 e 18%, $P < 0,05$, Tabela 2).

3.2 Digestibilidade aparente do trato total

O CDA do EEA e EM de cães adultos e filhotes aumentaram conforme a inclusão de gordura a dieta ($P < 0,05$, Tabela 3). Por outro lado, os CDA da MS e EB aumentaram com inclusão de gordura apenas nas dietas para filhotes ($P < 0,05$, Tabela 3).

Houve influência da idade na digestibilidade da MS, PB, EEA, EB e EM ($P < 0,05$, Tabela 3). O CDA do EEA foi maior em cães filhotes do que cães adultos, enquanto dos outros nutrientes foi menor ($P < 0,05$, Tabela 3). Também foi observado aumento da digestibilidade da MS, EEA, EB e EM para cães adultos e filhotes, conforme aumentou a inclusão de OV na dieta ($P < 0,05$, Tabela 3).

Tabela 2. Médias de ingestão de MS (IMS, g/kg PC^{0,75}/dia), ingestão de gordura g/kg de PC^{0,75}/dia (IEEA) e ingestão de EM (IEM Kcal EM/kg/PC^{0,75}/dia) de cães adultos e filhotes alimentados com uma dieta basal (DB) e com níveis crescentes de inclusão de óleo de vísceras (OV) na dieta basal.

Inclusão de OV (g/kg)	Idade	IMS g dia/kgPC ^{0,75}	IEEA g dia/kgPC ^{0,75}	IEM (kcal EM/kg PC ^{0,75} /dia)
DC	Adultos	35,88 ^{Ba}	2,58 ^{Bd}	149,92 ^B
	Filhotes	58,35 ^{Aa}	4,22 ^{Ad}	196,87 ^A
60	Adultos	33,90 ^{Bab}	3,67 ^{Bc}	149,37 ^B
	Filhotes	55,29 ^{Aab}	5,96 ^{Ac}	199,21 ^A
120	Adultos	31,16 ^{Bbc}	4,23 ^{Bb}	142,79 ^B
	Filhotes	52,6 ^{Abc}	6,99 ^{Ab}	241,05 ^A
180	Adultos	28,56 ^{Bc}	5,67 ^{Ba}	142,87 ^B
	Filhotes	49,03 ^{Ac}	9,70 ^{Aa}	245,21 ^A
EPM ¹		1,547	0,277	6,80
Probabilidades Regressão linear ^{1,2}	Adultos	<0,001	<0,001	0,291
	Filhotes	0,009	<0,001	0,937
Fatorial				
Inclusão OV (A)		<0,001	<0,001	0,939
Idade (B)		<0,001	<0,001	<0,001
A x B		0,965	<0,001	0,959

^{A,B} Letras maiúsculas diferem na mesma coluna (entre as idades) ($P < 0,05$).

^{a,b,c,d} Letras minúsculas diferem entre as dietas ($P < 0,05$).

¹EPM: erro padrão da média;

² Equação Linear Adultos: IMS: $Y=39,951-0,5909x$ ($R^2=0,41$); IEEA/dia/kg PC: $y = 0,2418x + 0,947$ ($R^2=0,877$).

³ Equação Linear Filhotes: IMS: $Y=32,351-0,5093x$ ($R^2=0,52$); IEEA/d/kg PC: $y = 1,18 + 0,431x$ ($R^2=0,833$)

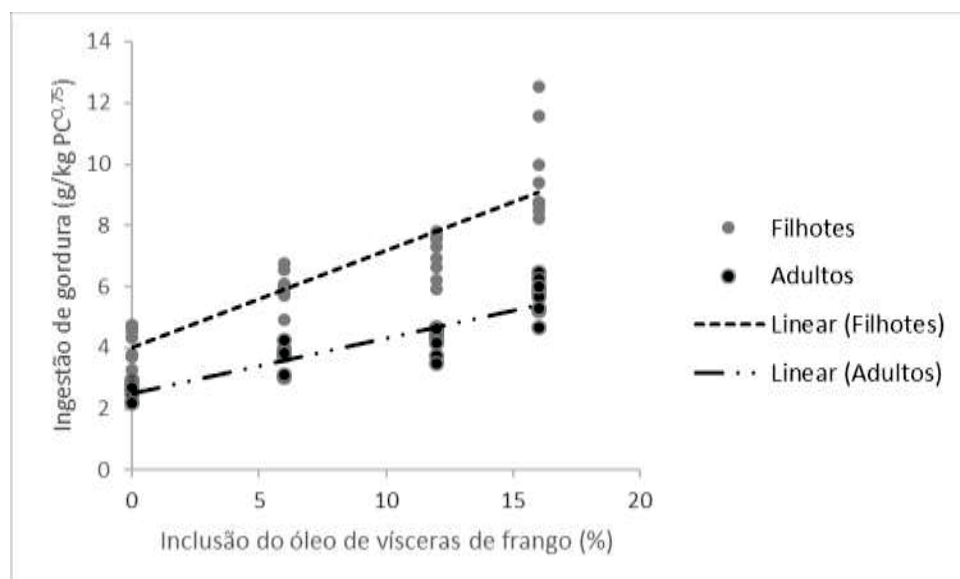


Figura 1. Interação da ingestão de gordura (g/kg PC^{0,75}) de cães adultos e filhotes alimentados com dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras.

Tabela 3. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA, %) da MS, PB, extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA), EB e EM de cães adultos e filhotes alimentados com a dieta controle (DC) e dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras (OV).

Inclusão de OV (%)	Idade	CDA (%)				EM (kcal/kg)
		MS	PB	EEA	EB	
DC	Adultos	86,48 ^{Ab}	89,78 ^A	87,21 ^{Bc}	90,17 ^{Ab}	4178,2 ^{Ad}
	Filhotes	83,14 ^{Bb}	82,08 ^B	89,11 ^{Ac}	86,10 ^{Bb}	3899,1 ^{Bd}
6,0	Adultos	87,47 ^{Aab}	89,43 ^A	91,08 ^{Bb}	90,47 ^{Ab}	4405,2 ^{Ac}
	Filhotes	84,42 ^{Bab}	82,30 ^B	91,55 ^{Ab}	87,04 ^{Bb}	4238,0 ^{Bc}
12,0	Adultos	87,75 ^{Aa}	88,79 ^A	91,20 ^{Bb}	90,23 ^{Aab}	4582,2 ^{Ab}
	Filhotes	85,77 ^{Ba}	84,13 ^B	93,23 ^{Ab}	88,76 ^{Bab}	4507,0 ^{Bb}
18,0	Adultos	88,05 ^{Aa}	89,18 ^A	93,95 ^{Ba}	91,75 ^{Aa}	5001,0 ^{Aa}
	Filhotes	87,53 ^{Ba}	84,14 ^B	95,96 ^{Aa}	89,95 ^{Ba}	4902,8 ^{Ba}
EPM		0,311	0,502	0,354	0,329	42,989
Probabilidades ¹						
Regressão linear ^{2,3}	Adultos	0,210	0,582	<0,001	0,118	<0,001
	Filhotes	<0,001	0,109	<0,001	<0,001	<0,001
Fatorial						
Inclusão OV (A)		0,001	0,781	<0,001	0,003	<0,001
Idade (B)		0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
A x B		0,229	0,271	0,082	0,227	0,349

^{A,B} Letras maiúsculas diferem na mesma coluna (entre as idades) ($P < 0,05$).

^{a,b,c,d} Letras minúsculas diferem entre as dietas ($P < 0,05$).

¹EPM: erro padrão da média;

²Equação Linear Adultos: CDAEEA: $y = 0,487x + 85,068$ ($R^2=0,716$); EM: $y = 65,544x + 3701,9$ ($R^2=0,912$);

³Equação linear Filhotes: CDAMS: $y = 0,351x + 80,72$ ($R^2=0,48$); CDAEEA: $y = 0,549x + 85,299$ ($R^2=0,757$); CDAEB: $y = 0,377x + 83,94$ ($R^2=0,759$); EM: $y = 73,297x + 3470,1$ ($R^2=0,911$).

3.3 Perdas endógenas da gordura

A perda endógena de gordura foi estimada utilizando um modelo de regressão hiperbólica para cães adultos e filhotes. Foram obtidas as equações $y = 98.1094 - 13.6202/x$ ($R^2=0,72$; $SE=1,1$) para cães adultos e $y = 99,1280 - 26,1366/x$ ($R^2=0,613$; $SE=1,30$) para filhotes, onde y = CDA do EEA (%) e x = ingestão de EEA/d (g/kg de PC, Figuras 2 e 4). Assumindo a digestibilidade do EEA como nula para o cálculo do VPE, o VPE foi de 138 mg de gordura/kg de PC/dia) para cães adultos e de 262 mg de gordura/kg de PC/dia para cães filhotes. A relação entre o VPE e a ingestão de gordura (%) diminuiu conforme aumentou a inclusão de OV nas dietas de cães adultos e de filhotes ($P < 0,05$, Tabela 4).

Também foi estimado o VPE utilizando regressão linear. Foram obtidas as equações: $y = 0,98x - 7,89$ para cães adultos e $y = 1,00x - 8,97$ ($R^2=0,99$, EPM=1,6), para filhotes, onde y = EEA digestível (g/kg MS ingerida) e x = ingestão de EEA (g/kg de MS, Figuras 3 e 5). Assumindo um valor de ingestão de EEA igual a 0, foram calculados VPE de 7,89 e 8,97 g/kg de MS ingerida, para cães adultos e filhotes, respectivamente.

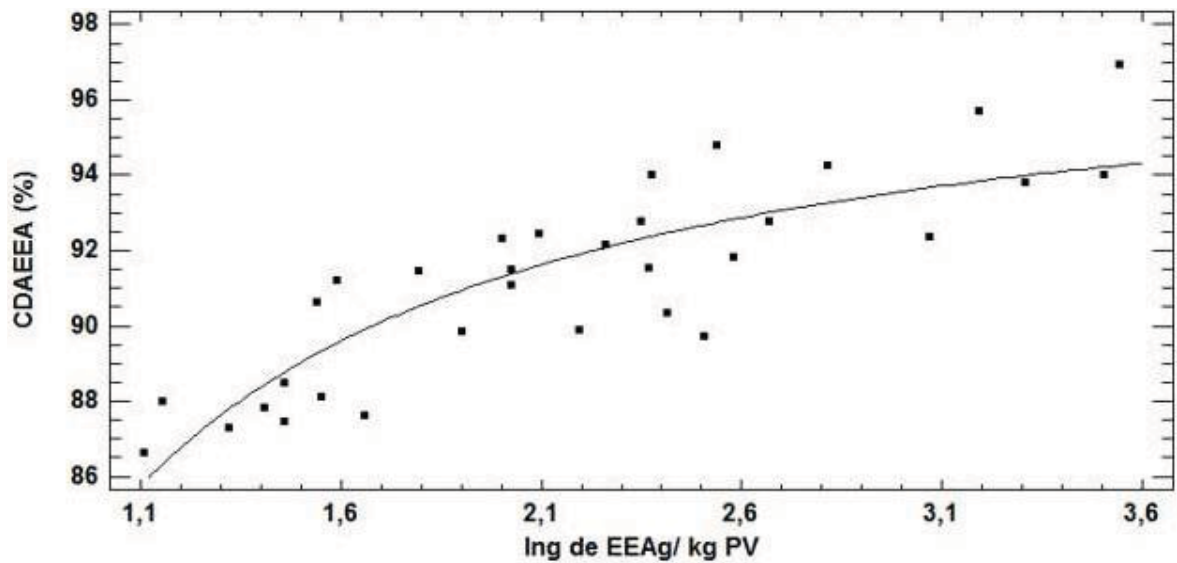


Figura 2. Relação entre a digestibilidade do gordura (CDEEA, %) e a ingestão de EEA (IngEEA, g/kg PC) de cães adultos, efeito hiperbólico representado pela equação: $y = 98,1094 - 13,6202/x$ ($R^2=0,72$; $SE=1,1$).

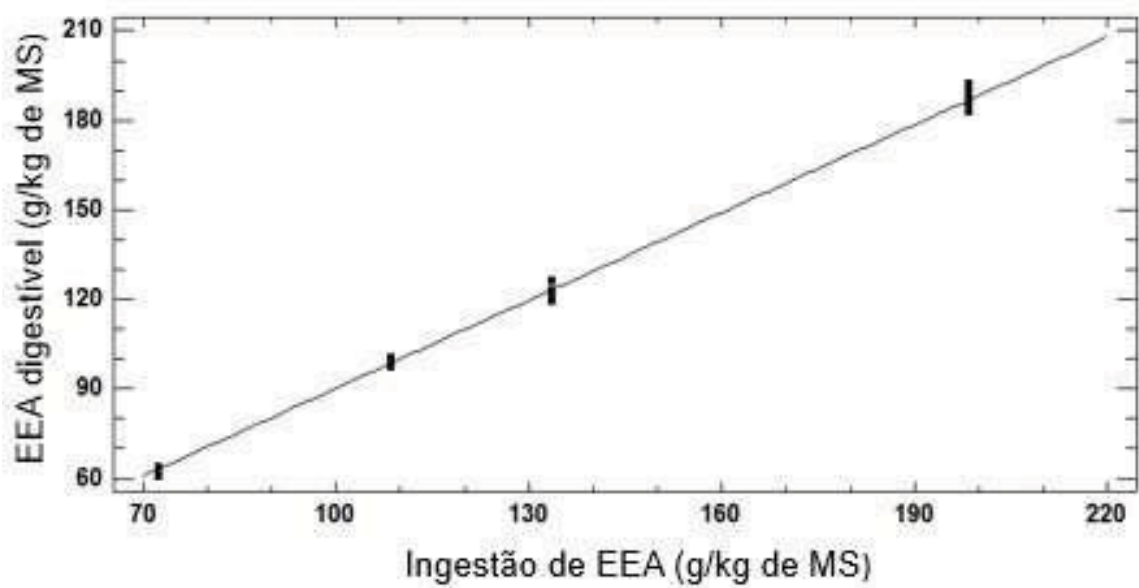


Figura 3. Regressão da ingestão de EEA com a ingestão de EEA digestível de cães adultos é representada pela equação: $y = 0,98x - 7,89$ ($R^2 = 0,99$, $SE = 1,5$)

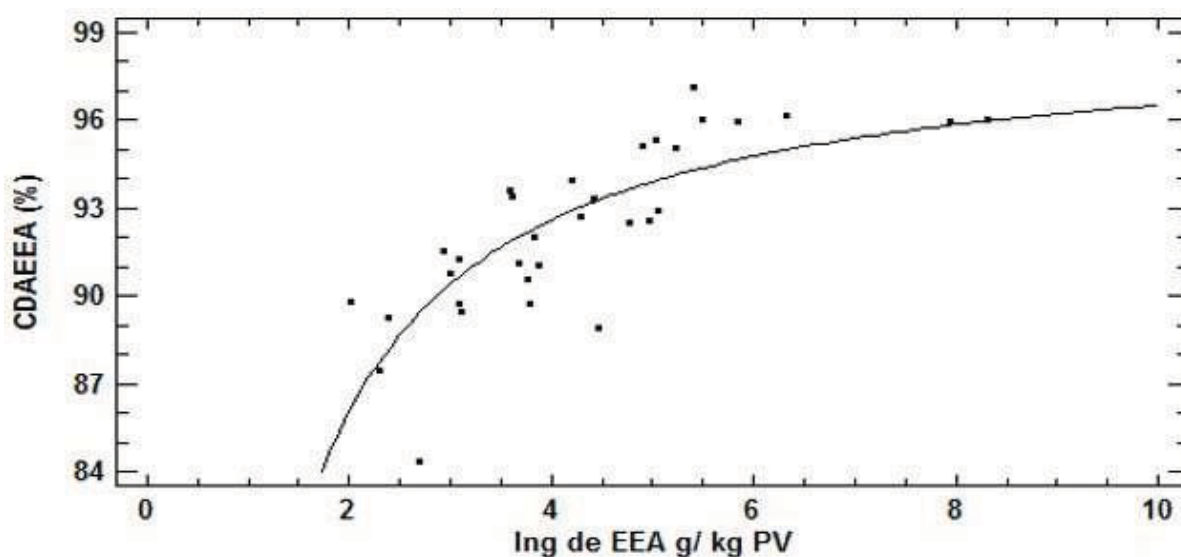


Figura 4. Relação entre a digestibilidade da gordura (CDEEA, %) e a ingestão de EEA (Ing EEA) de cães filhotes é explicada efeito hiperbólico representado pela equação: $y = 99,128 - 26,1366/x$ ($R^2=0,613$; $SE=1,30$).

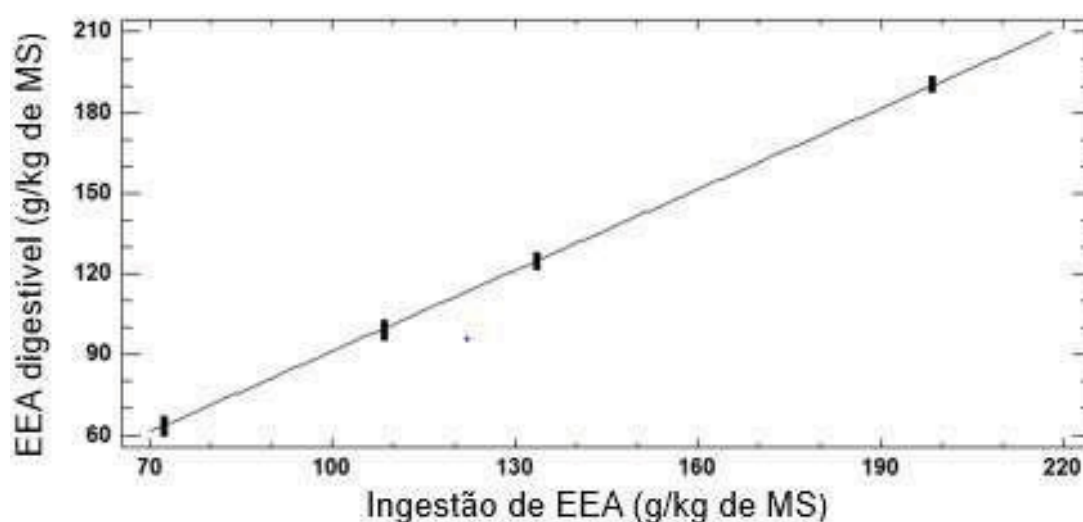


Figura 5. Regressão da ingestão de EEA com a ingestão de EEA digestível de cães adultos é representada pela equação: $y = 1.00x - 8.77$ ($R^2 = 0.99$, $EPM = 1.6$)

3.4 Coeficientes de digestibilidade verdadeira

Os CDV do EEA estimados estão apresentados na Tabela 4. Os cães filhotes tiveram maior ($P<0,05$) CDV do EEA (97,69% e 103,4%, metodologia ingestão de EEA, e ingestão de matéria seca, respectivamente) do que cães adultos (92,25% e 100,26%,

metodologia ingestão de EEA, e ingestão de matéria seca, respectivamente). Também foi observada influência da inclusão de OV nas dietas, sendo que o maior CDV do EEA (96,2%) foi da dieta com maior inclusão de óleo (18%, $P<0,05$).

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade verdadeira (CDV, %) do EEA e relação da perda endógena (VPE) com a ingestão diária de gordura de cães adultos e filhotes alimentados com a dieta basal (DB) e dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras (OV).

Inclusão de OV (%)	Idade	VPE (g/dia) *	CDV EEA (%, mg/kg PC/d)	CDV EEA (% Método g/kg IMS)	Relação VPE/ ING EEA (%)
DC	Adultos	1,695	92,46Bb	99,38	10,11 ^a
	Filhotes	1,609	96,85Ab	105,46	9,97 ^a
6,0	Adultos	1,695	93,51Bb	100,04	7,15 ^b
	Filhotes	1,594	97,18Ab	103,71	6,94 ^b
12,0	Adultos	1,695	92,67Bb	100,72	6,30 ^b
	Filhotes	1,590	97,86Ab	103,10	5,92 ^b
18,0	Adultos	1,695	94,36Ba	100,93	4,63 ^c
	Filhotes	1,627	98,88Aa	102,31	4,37 ^c
EPM ¹		0,027	0,318	0,429	0,285
Probabilidades					
Regressão linear ^{1,2}	Adultos	1,000	0,011	0,373	<0,001
	Filhotes	0,980	<0,001	0,003	<0,001
Fatorial					
Inclusão OV (A)		-	<0,001	0,010	<0,001
Idade (B)		-	<0,001	<0,001	0,375
A x B		-	0,275	0,086	0,992

*Valor calculado multiplicando 0,138 g pela média PC de cães adultos e 0,262 g pela média de PC para cães filhotes.

¹ EPM: Erro padrão da média

^{A,B} Letras maiúsculas diferem na mesma coluna (entre as idades) ($P<0,05$).

^{a,b,c,d} Letras minúsculas diferem entre as dietas ($P<0,05$).

²Equação Linear Adultos: $CDV\ EEA\ (\%) = 0,134x + 91,526$ ($R^2=0,227$); Relação VPE/ ING EEA= $-0,410x + 12,307$ ($R^2=0,714$).

³Equação linear Filhotes: $CDV\ EEA\ (\%) = 0,167x + 95,553$ ($R^2=0,496$); Relação VPE/ ING EEA= $-0,4196x + 12,182$ ($R^2=0,70$).

3.5 Características fecais

A produção fecal (PF) com base na matéria natural (MN) e na MS, expressos em g de fezes/ kg de PC^{0,75}, de cães adultos e filhotes diminuiu conforme aumentou a inclusão de OV nas dietas ($P<0,05$, Tabela 5). A MSf (%), teor de EEA nas fezes (g/kg de PC^{0,75}), teor de nitrogênio amoniacal (g/kg de fezes), escore fecal e pH não sofreram influência da dieta ($P>0,05$, Tabela 5). No entanto, em filhotes, houve redução da excreção de EEA nas fezes (g/kg de PC^{0,75}) conforme aumentou a inclusão de OV ($P<0,05$, Tabela 5).

Houve redução da PF em base à MN (g de fezes/ kg de PC^{0,75} (P<0,05, Tabela 5), conforme aumentou a inclusão de OV. Também foi observado influência da idade na MSf, escore fecal e NH₃: os cães filhotes apresentaram menor teor de MSf e pior escore fecal do que cães adultos (P<0,05, Tabela 5), assim como maior produção de NH₃ fecal do que cães adultos (P<0,05, Tabela 5) em todos os níveis de inclusão de OV na dieta.

Tabela 5. Produção fecal na matéria natural (PF MN, g/KG PC^{0,75}/d), PF na MS (PF MS, g/kg PC^{0,75}/dia), fecal DM (MSf, %), escore fecal, gramas de EEA excretada nas fezes (EEA fezes, g/ kg PC^{0,75}/d), nitrogênio amoniacal (NH₃, %) e pH de cães adultos e filhotes alimentados com a dieta controle (DC) e dietas com crescentes níveis de óleo de vísceras (OV).

Inclusão de OV (%)	Idade	MSf g/kg	Fscore	PF MS g/kg PC ^{0,75} /d	PF MN, g/kg PC ^{0,75} /d	EEA g /kg PC ^{0,75} /d	NH ₃ g/kg	pH
DC	Adultos	33,0 ^A	3,23 ^A	19,75 ^a	60,76 ^{Ba}	0,33 ^A	0,118 ^A	6,78
	Filhotes	27,19 ^B	2,67 ^B	19,49 ^a	71,94 ^{Aa}	0,28 ^B	0,117 ^B	6,82
60	Adultos	33,45 ^A	3,28 ^A	18,44 ^a	55,48 ^{Bab}	0,32 ^A	0,086 ^A	6,63
	Filhotes	28,28 ^B	2,82 ^B	18,00 ^a	63,59 ^{Aab}	0,27 ^B	0,098 ^B	6,71
120	Adultos	33,53 ^A	3,23 ^A	17,43 ^{ab}	52,18 ^{Bbc}	0,36 ^A	0,085 ^A	6,83
	Filhotes	28,36 ^B	2,81 ^B	15,45 ^{ab}	54,54 ^{Abc}	0,25 ^B	0,144 ^B	6,87
180	Adultos	33,96 ^A	3,34 ^A	14,53 ^b	43,04 ^{Bc}	0,33 ^A	0,095 ^A	6,76
	Filhotes	28,77 ^B	2,80 ^B	14,22 ^b	50,71 ^{Ac}	0,21 ^B	0,130 ^B	7,04
EPM ¹		0,4790		0,475	1,849	0,010	0,0006	0,039
Probabilidades								
Regressão linear ^{1,2}	Adultos	0,574	-	0,003	0,006	0,812	0,274	0,817
	Filhotes	0,228	-	0,002	0,003	0,049	0,315	0,093
Fatorial								
Inclusão OV (A)		0,651	0,209	<0,001	<0,001	0,490	0,418	0,206
Idade (B)		<0,001	<0,001	0,383	0,027	<0,001	0,029	0,167
A x B		0,984	0,633	0,871	0,8121	0,332	0,295	0,665

^{A,B} Letras maiúsculas diferem na mesma coluna (entre as idades) (P<0,05).

^{a,b,c,d} Letras minúsculas diferem entre as dietas (P<0,05).

¹ EPM: erro padrão da méd;

² Equação Linear adultos: PF MN (g/kg PC^{0,75}/d): $y = -1,4014x + 70,83$ ($R^2 = 0,238$); PF MS (g/kg PC^{0,75}/d): $y = -0,417x + 22,886$ ($R^2 = 0,264$);

³ Equação Linear filhotes: PF MN (g/kg PC^{0,75}/d) $= -1,6772x + 81,688$ ($R^2 = 0,258$); PF MS (g/kg PC^{0,75}/d): $y = -0,428x + 22,284$ ($R^2 = 0,271$); EEA fezes: $y = 0,1132x + 4,975$ ($R^2 = 0,233$).

4. Discussão

Para os cães filhotes, a ingestão de MS, EEA e EM foi maior do que dos cães adultos, uma vez que foi utilizada a equação de exigências para cães em crescimento, de acordo com NRC (2006). Segundo Case et al. (2011), independente do porte do animal, a exigência de nutrientes e energia durante o período de crescimento de cães e

gatos é maior em todas as outras fases, exceto a fase de lactação. Devido ao rápido crescimento, os cães filhotes foram pesados e a ração ajustada semanalmente.

Após o desmame, cães em crescimento requerem aproximadamente duas vezes mais energia do que cães adultos (NRC, 2006). Já quando os filhotes atingem cerca de 40 a 50% do seu peso adulto, essa necessidade passa a ser 1,6 maior que do cão adulto (Case et al., 2011). Isto foi observado no presente estudo: os cães filhotes pesaram em média 5,24 kg no início do período experimental e, no final do experimento, atingiram em média 6,76 kg, correspondendo a cerca de 50% do seu peso adulto (o peso médio de Beagles adultos foi 12,21 kg). Além disso, o IEM dos cães filhotes foi 1,67 vezes a IEM de cães adultos.

O conhecimento sobre o aproveitamento dos nutrientes em cada fase do animal é muito importante para garantir a saúde, o adequado crescimento dos cães filhotes e a sua longevidade. Contudo, há poucas informações sobre o aproveitamento dos nutrientes em cães jovens, com menos de 1 ano de idade Swanson et al. (2004).

Foram encontrados alguns trabalhos comparando a digestibilidade aparente do trato total em cães de diferentes idades. Neste estudo, de modo geral, os cães adultos obtiveram maior CDA dos nutrientes do que cães filhotes. Resultados semelhantes também encontrados por Swanson et al. (2004), mas não observaram efeito da idade no CDA da PB e do EEA, que foi menor para filhotes no presente estudo. No entanto, a idade dos cães utilizada pelos autores era de 2 meses de idade e de 11 anos.

Já Félix et al. (2013), avaliando cães com idades próximas às utilizadas no presente estudo ($5,1 \pm 0,2$ meses de idade e $5,8 \pm 0,1$ anos), também determinaram maior digestibilidade da gordura em cães filhotes, semelhante ao observado nesse estudo. Taylor et al. (1995), comparando felinos jovens de até 6 anos e animais seniores com mais de 8 y, não verificaram efeito da idade no CDA do EEA, apesar de gatos seniores terem menor eficiência na utilização de lipídios. Resultados semelhantes foram encontrados por Peachey et al. (1999), que determinaram menor CDA da gordura em gatos seniores (11.6 anos) do que em gatos jovens (3 anos). No entanto, Lloyd & Mccay (1955) não observaram nenhum efeito da idade na digestibilidade dos nutrientes entre cães de 3 meses e 2 anos. Weber et al. (2003), avaliando cães de diferentes raças com 11, 21, 35 e 60 semanas de idade, verificaram que a digestibilidade da MS, PB e MO aumentou conforme os cães ficaram mais velhos.

Portanto, os resultados obtidos nesse estudo podem ser atribuídos à redução da produção de enzimas pancreáticas e sais biliares com o avanço da idade em cães e gatos, relatada por Burkholder (1999). Handler et al. (1994) também, observaram redução de 50% na secreção de sais biliares em ratos seniores quando comparados com ratos jovens. Além disso, possivelmente houve um efeito da maior ingestão de EEA g/kg de PC^{0,75}/dia, uma vez que os cães filhotes ingeriram maior quantidade de EEA do que cães adultos, resultando conseqüentemente em maior digestibilidade, explicada pelo efeito hiperbólico do consumo deste nutriente na digestibilidade. Além disso, o fato do CDA da MS, PB e EB ter sido maior em cães adultos e apenas o CDA do EEA menor pode ser explicado pelo fato que as atividades da amilase e da sucrase intestinais, bem como a das peptidases intestinais, aumentam na medida em que os animais crescem até atingirem a idade adulta (Meyer & Kienzle, 1991; Malo & Buddington, 1998).

Foram encontrados resultados conflitantes sobre a digestibilidade da gordura em cães de diferentes idades na literatura. De acordo com Fahey et al. (2008), o aproveitamento dos nutrientes muda ao longo da vida dos cães e estas mudanças estão relacionadas, primeiramente, à fisiologia digestiva, aos efeitos da microbiota, à morfologia do trato gastrointestinal e aos efeitos na digestibilidade. Estas diferenças se devem principalmente à idade dos animais utilizados na comparação entre idades. Por exemplo, pode se usar cães com diferentes idades ao longo do crescimento (Weber et al., 2003), ou comparar cães filhotes e adultos com diferentes idades, como Félix et al. (2013) 5,1 ± 0,2 meses de idade e 5,8 ± 0,1 anos, ou como Swanson et al. (2004), utilizando cães com 2 meses e 11 anos.

Independentemente da idade, os CDA dos nutrientes aumentaram conforme aumentou a inclusão de OV das dietas, com exceção do CDA da PB. Resultados semelhantes foram observados por Romsos et al. (1976), Kendall et al. (1982), Marx et al. (2015) e Marx et al. (2017). A gordura é uma fonte de energia de alta digestibilidade, a maioria das fontes de gordura utilizada na nutrição de cães e gatos apresenta um CDA maior que 90,0%. Em um estudo prévio do nosso grupo (dados não publicados) obteve-se 98,7 e 96,0% de digestibilidade aparente do óleo de milho e do óleo de vísceras, respectivamente. Desta forma, com a inclusão de maior teor de gordura na dieta, há redução de outros nutrientes, como os carboidratos, e, portanto, a dieta fica mais digestível. Este aumento da digestibilidade da dieta com o aumento da inclusão de gordura pode ser explicado pelo efeito hiperbólico do aumento do consumo de

gordura na sua digestibilidade aparente (Kendall et al., 1982, Kendal, 1984). Segundo Jørgensen et al. (1993), tal comportamento pode ser explicado apenas pela diminuição da relação entre o consumo e as perdas endógenas de gordura, conforme aumenta a ingestão desse nutriente.

O teor de gordura nas fezes não se origina apenas das frações não digeridas da dieta, mas também das perdas endógenas, que incluem ácidos biliares, bactérias que habitam o colón dos animais e lipídeos estruturais provenientes da descamação (renovação) das células da mucosa (Clement, 1975; Jørgensen et al., 1993; Kil et al., 2010). As perdas endógenas de gordura podem ser influenciadas pela fonte de gordura utilizada, pelo teor de fibra da dieta e também ter efeito animal (Jørgensen et al., 1993; Kil et al., 2010). Há poucas pesquisas avaliando as perdas endógenas de gordura em cães. Marx et al. (2017) determinaram um VPE de 155 mg/kg PC em cães adultos, valor muito próximo ao observado no presente estudo (138 mg/kg PC/dia) e inferior ao observado por Kendall (1984), de 242 mg/kg PC/dia para cães adultos. Estas diferenças, no entanto, podem ser atribuídas a diferenças nas fontes de gordura e nos níveis de fibra utilizados nos experimentos, assim como na idade dos animais, conforme observado no presente estudo. No estudo de Marx et al. (2017), cujo VPE foi próximo ao obtido neste estudo, foi utilizada a mesma fonte de gordura (óleo de vísceras) e o mesmo nível de fibra bruta, originando, portanto, resultados semelhantes. Já no estudo realizado por Kendal (1984), foram analisados dados de 122 ensaios de digestibilidade com cães adultos avaliando rações comerciais, as quais provavelmente utilizavam diferentes fontes de gordura e podem conter diferentes níveis e fontes de fibra. Esta variação pode ter sido responsável pela diferença entre este experimento e o presente estudo, uma vez que a reabsorção de ácidos biliares diminui conforme aumenta a inclusão de fibra a dieta em suínos (Bach Knudsen and Hansen, 1991), ocasionando menor digestibilidade de gordura. Além disso, dietas com maior inclusão de fibras, especialmente as mais fermentáveis, podem contribuir para a produção de ácidos graxos de cadeia curta, promovendo o crescimento de certas bactérias, o que consequentemente influencia as perdas endógenas (Bach Knudsen et al., 1991). Já o VPE estimado utilizando o método de regressão linear, segundo metodologia proposta em estudo com suínos (Kil et al., 2010), foi de 7,9 g/kg de MS ingerida, valor idêntico ao observado por Marx et al. (2017).

Não foram encontrados estudos na literatura comparando os valores de perdas endógenas de gordura entre cães adultos e filhotes. No presente estudo, o valor de

perda endógena de cães filhotes, foi maior do que cães adultos. Estes resultados podem ser explicados pelo fato de que cães filhotes estão em constante crescimento e o peso e o comprimento do intestino aumentam. Em especial, o peso da mucosa intestinal aumenta conforme a idade e é até 10 vezes maior no 42º dia de vida em relação ao primeiro dia Fahey et al. (2008). Além disso, a taxa de renovação da mucosa intestinal varia com a idade: em leitões recém-nascidos, há completa reposição das vilosidades do intestino delgado em 7 a 10 dias, enquanto que em leitões de 3 semanas de idade, este tecido é repostado em 2 a 4 dias. Isto pode explicar a maior perda endógena, originada de células provenientes do crescimento celular, em animais jovens em relação a adultos (Argenzio, 1988).

As secreções digestivas também contribuem para as perdas endógenas, especialmente a bile. A bile é reabsorvida no intestino e apenas cerca de 10 a 15% é eliminada nas fezes Henry; Ramos (1959). As maiores perdas endógenas observadas no presente estudo poderiam ser devidas ao fato que cães filhotes teriam uma menor reabsorção ou maior produção e, portanto, maior eliminação da bile nas fezes que os adultos. No entanto, de acordo com Tavoloni et al. (1985), o fluxo de secreção de bile de cães aumenta conforme a idade (0- 42 dias de idade), mas entre 28-42 dias de idade, é semelhante. Além disso, aqueles autores não verificaram diferenças na absorção de água intestinal, entre cães de 42 dias de idade e cães adultos. Desta forma, seriam necessários outros estudos para determinar se as maiores perdas endógenas em cães filhotes em relação a cães adultos podem ser explicadas por sua maior produção ou menor reabsorção de bile.

Outro fator que pode influenciar as perdas endógenas é a microbiota intestinal (Clement, 1975). De acordo com Fahey et al. (2008), a microbiota é modificada ao longo da idade dos cães. Um exemplo disso é a grande concentração de bactérias do grupo clostridia em cães filhotes e o aumento de bactérias do grupo *lactobacillus* e bacteroides conforme o aumento da idade Buddington (2003). Desta forma, a microbiota influencia vários aspectos como a atividade da lipase pancreática, entre outras enzimas, a morfologia da mucosa, a motilidade gastrointestinal e a composição de ácidos biliares (Clement, 1975). Tal fato também pode ter contribuído para as diferenças observadas na perda endógena de gordura entre cães adultos e filhotes.

Após estimar o valor de perdas endógenas de cães com diferentes idades, foi calculado o coeficiente de digestibilidade verdadeira (CDV) da gordura. Foi observado que a relação entre o VPE e a ingestão de gordura realmente diminui com o aumento

da inclusão de gordura as dietas, como relatado por Marx et al. (2017). No entanto, quando o CDV da gordura foi calculado, ou seja, subtraindo o VPE, foi observado aumento do CDV da gordura conforme o aumento do nível de EEA na dieta, assim como o CDA, embora com valores ligeiramente menores. A diferença do CDA da gordura entre a dieta controle e a com maior inclusão de gordura (18,0% OV) foi de 6,47% para cães adultos e 6,85% para cães filhotes, enquanto que a diferença do CDV entre estas mesmas dietas foi de 1,87 e 2,03%, para cães adultos e filhotes, respectivamente. Isto demonstra que a diferença da digestibilidade do EEA entre dietas contendo níveis de gordura crescentes é minimizada quando se considera as perdas endógenas, subestimando o CDA do EEA em dietas com menores níveis de gordura. Estes resultados estão de acordo com Marx et al. (2017), que observaram CDV da gordura semelhantes para cães adultos para todas as dietas (1-20% OV), com CDV variando de 99,8 a 100%. O maior CDV da gordura dos cães filhotes em comparação aos adultos possivelmente se deve à sua maior ingestão de EEA /d/kg PC^{0,75} em relação à dos adultos, resultando em maior digestibilidade, demonstrada também pelo maior CDA.

A melhor digestibilidade das dietas com inclusão de OV também promoveu menor produção fecal, com base na MS e na MN, por redução do teor de material indigestível. No presente estudo, as perdas endógenas de gordura nas fezes foram constantes, independente da dieta ingerida, pois o VPE é dependente do apenas peso corporal (Clement, 1975). Observou-se também que a quantidade de gordura nas fezes (g/dia) não variou conforme aumentou a ingestão de gordura. Isso pode ser justificado pelo fato que os cães alimentados com as dietas com maior inclusão de OV tiveram menor produção fecal e maior teor de EEA fecal em comparação aos que receberam as dietas com menor inclusão de OV. Desta forma, o valor de excreção de gordura (g/dia) permaneceu constante, independentemente da ingestão de gordura. Alguns estudos com humanos apresentaram resultados semelhantes (Annegers et al., 1955; Norcia et al., 1954). Marx et al. (2017) verificaram que o teor de EEA fecal aumentou com a inclusão de OV, isso foi observado apenas para cães filhotes. No entanto, os autores não calcularam a excreção de gordura em gramas de EEA fecal/dia, mas apenas o teor de gordura nas fezes. Por outro lado, semelhante ao presente estudo, os autores supracitados verificaram que a produção fecal foi reduzida na medida em que aumentou a inclusão de OV.

Cães filhotes apresentaram menor MSf e menor escore fecal comparados aos cães adultos, como anteriormente observado por Félix et al. (2013), comparando a digestibilidade de soja crua processada entre cães filhotes e adultos. Já Weber et al. (2003) verificaram influência da idade na MSf, mas não no escore fecal entre cães filhotes e adultos alimentados com uma ração expandida. No presente estudo, cães filhotes tiveram maior produção fecal na MN do que cães adultos.

A maior produção de NH_3 nas fezes de cães filhotes do que a de adultos pode ser explicada pela maior concentração de bactérias *Clostridium spp.* Estes resultados semelhantes foram obtidos por Félix et al. (2013) com cães filhotes da mesma idade. Segundo o NRC (2006), a idade pode influenciar a produção de amônia intestinal. Não foram observados efeito da idade no pH, diferente dos resultados observados por Félix et al. (2013), provavelmente devido a diferenças na composição da dieta, uma vez que esses pesquisadores avaliaram ingredientes derivados de soja, que contém maior quantidade de fibras fermentáveis, resultando em menor pH.

Nesse experimento, as dietas continham entre 7,23% e 19,83% de EEA em base de MS. Estes valores superiores aos recomendados pela AAFCO (2004), de 8,0% em base de MS para cães em crescimento e 5,0% para cães adultos. Desta forma, o menor nível de gordura ingerido, principalmente pelos cães filhotes, estava próximo do mínimo exigido e não acarretou em problemas aos animais. Além disso, essa dieta foi apenas consumida por cada animal apenas por 10 dias.

Já em relação à dieta com maior nível de gordura, os cães possuem grande tolerância a quantidade de gordura na dieta (5 a 66% da dieta, Kendall, 1984). Portanto, mesmo utilizando níveis de OV de até 18%, essa inclusão não ultrapassou o limite de capacidade absorptiva dos cães, uma vez que não foi observado nenhum caso de diarreia em cães filhotes ou adultos. Segundo Case et al. (2011), quando da capacidade de absorção de gordura é excedida, os cães produzem fezes moles e gordurosas (esteatorreia).

5. Conclusão

Cães adultos e filhotes digerem bem dietas com alta quantidade de gordura. No entanto, os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeira da gordura foram maiores em cães em crescimento do que em adultos (5 meses vs. 6 anos de idade). Foram determinados valores das perdas endógenas de 138 mg/ kg PC/d e 262 mg/ kg PC/d em cães adultos e filhotes, respectivamente. Os resultados deste estudo indicam

que a digestibilidade aparente da gordura é subestimada tanto em cães adultos como em filhotes.

6. Referências Bibliográficas

Association of American Feed Control Officials, 2003. Dog and Cat Nutrient Profiles. Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA

Annegers, J. H., J. H. Boutwell, A.C. Ivy, 1955. The effects of dietary fat on fecal fat excretion and subjective symptoms in man. *Gastroenterology*, 10:486-495.

Argenzio, R.A. 1988. Digestão e absorção de Carboidratos, Gorduras e Proteínas.

Association of the Official Analytical Chemists, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, D.C., USA.

Bach Knudsen, K.E., B.B. Jensen., J.O. Andersen, I. Hansen., 1991. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. Microbial activity in the gastrointestinal tract. *Br. J. Nutr.* 65:233–248.

Brito, C.B.M, A.P. Félix, R.M. Jesus, M.I. França, S.G. Oliveira, E. L. Krabbe, A. Maiorka, 2010. Digestibility and palatability of dog foods containing different moisture levels, and the inclusion of a mould inhibitor. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 159:150-155.

Buddington, R.K., 2003. Postnatal changes in bacterial populations in the gastrointestinal tract of dogs. *Am. J. Vet. Res.* 64:646–651.

Burkholder, W.J. 1999. Age-related changes to nutritional requirements and digestive function in adult dogs and cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 215:625–629.

Carciofi, A.C., L. Oliveira, A. Valério, L. L. Borges, F. Carvalho, M.A. Brunetto, R.S. Vasconcellos, 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151:251–260.

- Case, L.P., D.P. Carey, D.A. Hirakawa, L. Daristotle, 2000. Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals, 2nd ed. Mosby, St. Louis.
- Clement, J. 1975. Nature and importance of endogenous fatty acids during intestinal absorption of fats. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 21: 281-307.
- Fahey, G.C., K.A. Barry, K.S. Swanson, 2008. Age-related changes in nutrient utilization by companion animals. *Annu. Rev. Nutr.* 28:425–445.
- Félix, A.P., C.P. Zanatta, C.B.M. Brito, S.G. Oliveira, A. Maiorka, 2013. Digestibility and metabolizable energy of raw soybeans manufactured with different processing treatments and fed to adult dogs and puppies. *J. Anim. Sci.* 91:2794–2801.
- Handler, J.A., C.A. Genell, R.S. Goldstein, 1994. Hepatobiliary function in senescent male sprague-Dawley rats. *Hepat.* 19:1496–1503.
- Hendricks, W. H., K. Sritharan, S.M. Hodgkinson, 2002. Comparison of the endogenous ileal and faecal amino acid excretion in the dog (*Canis familiaris*) and the rat (*Rattus rattus*) determined under protein-free feeding and peptide alimentation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 86:333-341.
- Hendriks, W.H., D. G. Thomas, G. Bosch, C. G. Fahey, 2013. Comparison of ileal and total tract nutrient digestibility of dry dog foods. *J. Anim. Sci.* 91:3807–3814.
- Henry, B., O. L. Ramos, 1959. Determinants of the flow and composition of bile in the unanesthetized dog during constant infusions of sodium taurocholate. *J. Clin. Invest.* 39:161–170.
- Hewson-Hughes, A.K., V. L. Hewson-Hughes, A. Colyer, A.T. Miller, S.J. McGrane, S.R. Hall, R.F. Butterwick, S.J. Simpson, D. Raubenheimer, 2013. Geometric analysis of macronutrient selection in breeds of the domestic dog, *Canis lupus familiaris*. *Behav. Ecol.* 24:293–304.

- Jørgensen, H., K. Jakobsen, B.O. Eggum, 1993. Determination of Endogenous Fat and Fatty Acids at the Terminal Ileum and on Faeces in Growing. *Acta Agric. Scand. Sect. Anim. Sci.* 43:01–106.
- Kendall, P.T., S.E. Blaza, A.W. Holme, 1982a. Assessment of Endogenous Nitrogen Output in Adult Dogs of Contrasting Size Using a Protein-Free Diet. *J. Nutr.* 112:1281–1286.
- Kendall, P.T., D.W. Holme, P.M. Smith, 1982. Comparative evaluation of net digestive and absorptive efficiency in dogs and cats fed a variety of contrasting diet types. *J. Small Anim. Pract.* 23:577–587.
- Kendall, P. T. 1984. The use of fat in dog and cat diets. In: J. Wiseman, editor, *Fats in animal nutrition*. Butterworths, London, UK. p. 83–404. doi:10.1016/B978-0-408-10864-5.50026-7
- Kil, D.Y., T. E. Sauber, D.B. Jones, H.H. Stein, 2010. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral detergent fiber on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2959–2967.
- Lloyd, L.E., C.M. Mccay, 1954. The utilization of nutrients by dogs of different ages. *J. Gerontol.* 10:182–187.
- Malo, C.R.K. Buddington, 2000. Development and adaptation of hydrolytic and absorptive functions of the canine small intestine. In: Reinhart, G. A.; Carey, D. P., *Recent Advances in Canine and Feline Nutrition, Vol. II: 1998 Iams Nutrition Symposium Proceedings*. Orange Frazer Press, Wilmington, 195–211.
- Marx, F.R., L. Trevizan, Ø Ahlstrøm, 2015. Soybean oil and beef tallow in dry extruded diets for adult dogs. *Arch. Anim. Nutr.* 69:297–309.
- Marx, F.R., L. Trevizan, F.M.O.B. Saad, K.G. Lisenko, J.S. Reis, A. M. Kessler, A.M., 2017. Endogenous fat loss and true total tract digestibility of poultry fat in adult dogs, *J. Anim. Sci.* 95: 7: 2928-2935. doi:10.2527/jas2017.1393

- Meyer H., E. Kienzle, 1991. Dietary protein and carbohydrates: Relationship to clinical disease, Purina International Nutrition Symposia, Orlando, Florida.
- Norcia, L.N., Lundberg, W.O., 1954. Fat excretion. The influence of dietary fat on fecal fat excretion, 54:491-508.
- NRC, 2006. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academies Press, Washington, DC, USA.
- Peachey SE, J.M. Dawson, E.J. Harper, 1999. The effect of ageing on nutrient digestibility by cats fed beef tallow, sunflower oil, or olive oil-enriched diets. *Growth Dev. Aging* 63:61–70.
- Romsos, D. R., M.J. Hornshus, G.A. Leveille, 1978. Influence of dietary fat and carbohydrate on food intake, body weight and body fat of adult dogs. *Proc. Soc. Expl. Biol. Med.* 157:278 - 281.
- Sperry, W.M., 1926. Lipid excretion III. Further studies of the quantitative relations of the fecal lipids, *The Journal of Biological Chemistry*. Rockville, 68:357-383.
- Swanson, K.S., K.N. Kuzmuk, L.B. Schook, G.C. Fahey, 2004. Diet affects nutrient digestibility, hematology, and serum chemistry of senior and weanling dogs. *J. Anim. Sci.* 82:1713–1724.
- Swenson, M. J. Dukes *Fisiologia dos Animais Domésticos*. Rio de Janeiro, Guanabara, 10th ed. 1996.
- Tavoloni, N., M.J.T. Jones, P.D. Berk, P.D., 1985. Postnatal development of bile secretory physiology in dogs. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 4:256–267.
- Taylor, E.J., C. Adams, R. Neville, 1995. Some nutritional aspects of ageing in dogs and cats. *Proc. Nutr. Soc.* 54:645–656.
- Weber, M., L. Martin, V. Biourge, P. Nguyen, H. Dumon, 2003. Influence of age and body size on the digestibility of a dry expanded diet in dogs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 87: 21–31

CAPÍTULO IV - Uso do gérmen de milho integral e desengordurado, com e sem complexo enzimático, em dietas para cães

RESUMO

Avaliar co-produtos na nutrição animal é uma alternativa ao uso de grãos como milho e soja. O gérmen de milho é um co-produto já estudado em animais monogástricos, mas é pouco estudado em dietas para cães em função dos níveis de polissacarídeos não amiláceos. Uma ferramenta para contornar esse problema é avaliar a inclusão de enzimas exógenas para minimizar os efeitos não desejados dos PNA, como redução da digestibilidade. Desta forma, o objetivo do estudo foi avaliar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA), características fecais e palatabilidade de dietas para cães adultos, contendo gérmen integral (GI), gérmen desengordurado (GD), com e sem adição de um complexo enzimático (amilase, xilanase, beta glucanase e mananase) para cães. No primeiro experimento, foram avaliadas seis dietas, sendo uma controle (DC), com e sem adição do complexo enzimático, dietas com inclusão de 20% de GD com e sem enzima, e com 20% de GI com e sem enzima. Foram utilizados seis cães adultos, distribuídos em quadrado latino (6 x 6). O segundo experimento avaliou a palatabilidade, por meio da primeira escolha e razão de ingestão (RI) da DC vs 20%GI, DC vs 20%GD e 20%GI vs 20%GD, totalizando três testes. Cada teste foi realizado por três dias consecutivos, totalizando 48 repetições por teste. A dieta com inclusão de 20%GD teve os menores valores de CDA da MS, EB e EM ($P<0,05$). Com a inclusão do complexo enzimático foram observadas melhoria do CDA da MS, EB e EM ($P<0,05$). Não foram observadas diferenças nas características fecais ($P>0,05$). Em relação a palatabilidade, no teste DC vs 20%GI, a RI de da DC foi maior do que a dieta 20%GI ($P<0,05$). Já no teste DC vs 20%GD, os cães preferiram a dieta 20% GD tanto na primeira escolha como no consumo ($P<0,05$). Enquanto no teste 20%GI vs 20%GD não houve diferença ($P>0,05$). Desta forma, conclui-se a inclusão de enzimas às dietas melhora a digestibilidade dos nutrientes e EM, sendo um aditivo com potencial uso na alimentação de cães. A inclusão de GI as dietas não influenciam na digestibilidade e características fecais. No entanto, a inclusão de 20%GI reduz o consumo das dietas.

Palavras-chaves: ácido siálico, AGCC, digestibilidade, escore fecal, enzimas, gérmen de milho, nutrição de cães.

Use of whole and free-fat corn germ, with and without enzymatic complex, in diets for dogs

ABSTRACT

Evaluating co-products in animal nutrition is an alternative to using grains such as corn and soybeans. Corn germ is a co-product already studied in monogastric animals, but in dogs it is studied less, maybe because of levels of non-starch polysaccharides, an alternative to overcome this problem is to evaluate the inclusion of exogenous enzymes to minimize the unwanted effects of NSP, as digestibility reduction. The aim of this study was to evaluate the apparent digestibility coefficient (ADC) of the diets, fecal characteristics and palatability of dogs fed diets containing whole corn germ (CG), and free fat corn germ (FCG), with and without the addition of an enzymatic complex (amylase, xylanase, beta glucanase, and mannanase). At the first experiment, six diets were evaluated, with a control (CD), with and without addition of enzyme complex, diets with 20% of CG with and without enzyme, and with 20% of FCG with and without enzyme. Six adult dogs were used, distributed in a Latin square (6 x 6). The second experiment evaluated the palatability, by means of the first choice and ratio of ingestion (RI) of the CD vs 20% CG, CD vs 20% FCG and 20% CG vs 20% FCG, totaling three tests. Each test was performed for three consecutive days, totaling 48 replicates per test. The diet with inclusion of 20% FCG had the lowest ADC (%) values of DM, GE and ME ($P < 0.05$). With the inclusion of the enzymatic complex, ADC improvement of DM, GE and ME ($P < 0.05$) was observed. No differences in fecal characteristics were observed ($P > 0.05$). About palatability test, in the CD test vs 20% CG, the IR of the CD was higher than the 20% CG diet ($P < 0.05$). In the CD vs 20% FCG test, dogs preferred the 20% FCG diet in both the first choice and in the intake ($P < 0.05$). While in the 20% CG vs 20% FCG test there was no difference ($P > 0.05$). In this way, the inclusion of enzymes in the diets improves the digestibility of nutrients and ME, being an additive with potential use in the feeding of dogs. The inclusion of CG in diets does not influence digestibility and fecal characteristics. However, the inclusion of 20% CG reduces the consumption of diets.

Keywords: corn germ meal, digestibility, dog nutrition, enzymes, fecal score, sialic acid, short chain fatty acids.

1. Introdução

A produção de alimentos para cães e gatos é crescente no Brasil, acompanhado pelo aumento nas pesquisas em busca de novas tecnologias e ingredientes, que sejam nutricionalmente e economicamente viáveis. O mercado é muito competitivo, portanto a indústria inova criando fórmulas cada vez mais específicas e diferenciadas, seja pela inclusão de ingredientes de boa qualidade nutricional, como muito bem processadas para garantir segurança alimentar e bom aproveitamento pelos animais (Carciofi, 2008).

Nesse contexto, o milho apresenta inúmeros co-produtos, cada ingrediente com características distintas, como o glúten de milho 60%, sendo uma fonte proteica para cães (Yamka et al., 2004). O gérmen de milho é obtido por meio da moagem úmida do grão, seguida da secagem, prensagem e perfusão por solvente (Dermachi, 1998) para separação do óleo. A função deste co-produto é energética, mas pode ter limitação para animais monogástricos devido aos PNA. Normalmente é utilizado em até 20% de inclusão às dietas. Contudo, há algumas tecnologias disponíveis, como a inclusão de enzimas exógenas, com o objetivo de aumentar o aproveitamento dos nutrientes (Twomey et al., 2003a; Félix et al., 2012; Silva, et al., 2016) e melhorando o desempenho dos animais de produção (Cowieson e Adeola, 2005). Desta forma, o objetivo foi avaliar a digestibilidade, características fecais e palatabilidade de dietas com a inclusão de 20% de gérmen integral e 20% de gérmen desengordurado, com e sem um complexo enzimático, para cães adultos.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram aprovados, protocolo 037/2014, pelo Comitê de ética ao uso de animais do setor de Ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil.

2.1. Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade e características das fezes

2.1.1. Dietas

O experimento avaliou seis dietas, uma dieta controle, com 20% de gérmen integral, 20% de gérmen desengordurado com e sem inclusão do complexo enzimático (50 g/ tonelada, 120.000 u/g de amilase, 20.000 UI/g de xilanase, 7.500 UI/g de beta glucanase e 250 UI/g de mananase, PRECIZYON™X50, Mumbai - Índia), conforme

formulações na Tabela 1. O gérmen integral e o gérmen desengordurado foram adicionados a dieta em substituição ao milho.

Tabela 1. Ingredientes das dietas experimentais, dieta controle (DC), dieta com 20% de inclusão de gérmen de milho integral (20%GI) e 20% de inclusão de gérmen de milho desengordurado (20%GD).

Ingredientes (%)	DC	20% GI	20% GD
Milho	60,59	41,59	40,09
Farinha de Vísceras de aves	34,0	34,00	34,0
Gérmen de milho Integral	0,0	20,0	0,0
Gérmen de milho desengordurado	0,0	0,0	20,0
Óleo de Vísceras de aves	2,5	1,5	3,0
Óleo de soja	1,0	1,0	1,0
Cloreto de Potássio	0,55	0,55	0,55
Sal	0,5	0,5	0,5
Premix Cães ¹	0,4	0,4	0,4
Cloreto de Colina	0,2	0,2	0,2
Propionato de Cálcio	0,2	0,2	0,2
Ácido Cítrico	0,03	0,03	0,03
BHT	0,015	0,015	0,015
BHA	0,0075	0,0075	0,0075

¹Enriquecimento por kg de produto: vitamina A (retinol) = 20.000 UI; vitamina D3 = 2000 UI; vitamina E (alfa-tocoferol α) = 48 mg; vitamina K3 = 48 mg; vitamina B1= 4 mg; vitamina B2 = 32 mg; ácido pantotênico = 16 mg; = 56 mg de niacina; colina = 800 mg; Como óxido de zinco Zn = 150 mg; Fe como sulfato ferroso = 100 mg; Cu como sulfato de cobre = 15 mg; I, tal como iodeto de potássio = 1,5 mg; Mn como óxido de manganês = 30 mg; Se como selenito de sódio = 0,2 mg; antioxidante = 240 mg.

Após a extrusão, as dietas foram secas em secador de triplo deck (100 - 110°C), o óleo de vísceras foi adicionado por cobertura, o alimento resfriado e o complexo enzimático foi misturado juntamente com o palatabilizante em pó e adicionado por cobertura ao alimento. As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações da Association of America Feed Control Officials (AAFCO, 2004). A composição química analisada e calculada consta nas Tabelas 1 e 2. A composição química do gérmen integral e desengordurado utilizado pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química analisada (% de matéria seca) dos ingredientes gérmen de milho integral (GI) e gérmen de milho desengordurado (GI) e das dietas experimentais dieta controle (DC), dieta com 20% de inclusão de gérmen de milho integral (20%GI) e 20% de inclusão de gérmen de milho desengordurado (20%GD).

	GI	GD	DC		20%GI		20%GD	
			Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Matéria seca	91,68	89,26	91,06	91,50	90,03	91,21	90,95	90,93
Proteína bruta	15,39	16,23	28,53	28,61	28,00	27,59	30,46	30,56
Extrato etéreo	13,30	3,45	10,95	11,06	12,25	11,66	11,81	12,09
Matéria mineral	4,15	6,42	8,80	8,92	7,83	8,77	10,08	10,54
Fibra bruta	4,05	4,99	1,65	1,65	1,49	1,71	1,57	1,41
FDN	27,13	30,36	18,99	21,60	18,92	20,61	21,37	20,20
FDA	5,92	6,19	2,86	2,77	2,54	3,07	2,68	2,68
FDT	16,5	15,3	-	-	-	-	-	-
Fibra solúvel	1,4	1,0	-	-	-	-	-	-
Fibra insolúvel	15,2	14,3	-	-	-	-	-	-

2.1.2 Animais e instalações

Foram utilizados seis cães da raça Beagle (três machos e três fêmeas), com peso de $10,94 \pm 0,74$ kg e 2 anos de idade. Todos os animais passaram por exame clínico e físico, foram vacinados, desverminados e alojados individualmente em baias de alvenaria cobertas (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.1.3 Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi realizado pelo método de coleta total, cada período contou com cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta total das fezes, de acordo com as recomendações da Association of American Feed control Officials (AAFCO, 2003). Os cães foram alimentados duas vezes ao dia (8:00 e 16:00), em quantidade suficiente para atender as necessidades de EM de cães adultos, de acordo com a equação do NRC (2006). A água foi fornecida à vontade. As fezes foram coletadas pelo menos duas vezes ao dia, pesadas, identificadas por período/animal e armazenadas em freezer (-14 °C).

2.1.4 Características fecais

As características das fezes foram avaliadas pelo teor de matéria seca total (MSf), produção de fezes (g fezes/g MS ingerida /5 dias), escore fecal, concentração de

amônia e pH. O pH fecal e a concentração de amônia foram realizadas em fezes coletadas no máximo 15 minutos após a defecação. O escore fecal foi avaliado sempre pelo mesmo pesquisador, atribuindo-se notas de 1 a 5, sendo: 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias e mal formadas; 3 = fezes macias, formadas e úmidas; 4 = fezes bem formadas e consistentes; 5 = fezes bem formadas, duras e secas, de acordo com Carciofi et al. (2009).

O pH fecal foi mensurado por meio de um pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste Ltda, São Paulo, SP, Brasil), utilizando 2.0 g de fezes frescas (coletadas no máximo 15 minutos após a defecação) e diluídas com 20 mL de água destilada. O teor de amônia nas fezes foi realizado de acordo com Brito et al. (2010), a concentração de amônia fecal foi calculada como: $\text{amoníaco-N (g / kg)} = N \times \text{fator de correção} \times 17 \times (\text{volume de ácido - em branco}) / \text{peso da amostra (g)}$. Concentração de amônia fecal foi corrigida para MS fecal.

2.1.5 Análises laboratoriais

Ao final de cada período, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada à 55°C durante 48 horas até peso constante. Após secas as fezes e as dietas foram moídas à 1mm e analisadas para determinação dos teores de MS à 105°C, PB (método 954.01), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA, método 954.02) e matéria mineral (MM, método 942.05), segundo a Association of the Official Analytical Chemists (AOAC, 1995). Foram analisadas ainda as frações dos polissacarídeos não amiláceos (PNA), FDT, FS e FI presentes no gérmen integral (GI) e gérmen desengordurado (GD) e dietas, de acordo com metodologia descrita por Englyst et al. (1982), como observado na Tabela 3. A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co. model 1261, Moline, IL, USA). A matéria seca original das fezes foi obtida por: $(\text{MS}_{55} \times \text{MS}_{105}) / 100$.

Para determinar os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) as fezes dos animais foram coletadas frescas, no máximo 15 minutos após a defecação. Em um recipiente plástico devidamente identificado e com tampa, 10 g de amostra de fezes eram pesados e misturados com 30 mL de ácido fórmico 16%. Esta mistura era homogeneizada e armazenada em geladeira a 4°C por um período de 3 a 5 dias. Depois disso, estas soluções eram centrifugadas a 5000 rotações por minuto em uma centrífuga (2K15, Sigma, Osterodeam Hans, Alemanha) por 15 minutos. Ao final da

centrifugação o sobrenadante era separado e submetido a uma nova centrifugação. Cada amostra passou por três centrifugações e ao final da última, parte do sobrenadante era transferida para um *ependorff* devidamente identificado para posterior congelamento. Posteriormente as amostras foram descongeladas e passaram por uma nova centrifugação a 14000 rotações por minuto por 15 minutos (Rotanta 460 Robotic, Hettich, Tuttlingen, Alemanha). Os AGCC fecais foram analisados por cromatografia gasosa (SHIMADZU, modelo GC-2014, Quioto, Japão). Utilizou-se uma coluna de vidro (Agilent Technologies, HP INNOWax – 19091N, Santa Clara, EUA) de 30 m de comprimento e 0,32 mm de largura. O nitrogênio foi o gás transportador, com uma taxa de fluxo de 3,18 ml / min. As temperaturas de trabalho foram 200°C na injeção, 240°C na coluna (na velocidade de 20°C/min) e 250°C no detector de ionização de chama.

Para análise de ácido siálico, as fezes foram liofilizadas em liofilizador (Alpha 1-4 LO plus, Christ, Osterodeam Hans, Alemanha) e a análise feita de acordo com Jourdian et al. (1971).

Tabela 3. Análise química das frações dos polissacarídeos não amiláceos (PNA) presentes no gérmen integral (GI), gérmen desengordurado (GD) e nas dietas (DC, dieta controle; 20%GI, 20% de gérmen integral; 20%GD gérmen desengordurado).

	GD		GI		DC		20%GI		20%GD	
	Sol.	Inso.	Sol.	Inso.	Sol.	Inso.	Sol.	Inso.	Sol.	Inso.
Arabinose	0,2	3,6	0,2	3,8	0,1	1,2	0,0	1,4	0,0	1,3
Xilose	0,1	5,5	0,2	5,9	0,2	1,6	0,0	2,0	0,1	1,9
Manose	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Galactose	0,2	0,9	0,2	0,9	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4
Glucose	0,1	4,3	0,1	4,4	0,1	1,5	0,0	1,7	0,2	1,5
Ac. Glicur.*	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ac. Galact.**	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1,1	14,3	1,4	15,0	0,7	4,7	0,3	5,5	0,6	5,1

*Ácido glicorônico; **ácido galacturônico.

2.1.6 Cálculos e análise estatística

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, PB, EEA, EB e EM das dietas experimentais:

$$\text{CDA\%} = ((\text{g nutriente ingerido} - \text{g nutriente excretado}) / \text{g nutriente ingerido}) \times 100$$

A EM foi estimada de acordo com a AAFCO (2003): $EM \text{ (kcal/dia)} = 130 \times PC^{0,75}$.

O delineamento utilizado foi o Quadrado Latino 6 x 6 (seis tratamentos x 6 períodos), em esquema fatorial 3 x 2 (ingredientes x enzima). Os resultados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). O escore fecal foi analisado pelo teste Kruskal-Wallis. Para os testes foi considerado $P < 0,05$ como diferença significativa, e valores entre 0,5 e 0,1, como tendência.

2.2 Experimento 2: Ensaio de palatabilidade

2.2.1. Animais e alojamento

Foram utilizados 16 cães, machos e fêmeas da raça Beagle ($10,94 \pm 0,74$ kg). Os cães foram alojados em baias de alvenaria com solário de 5 metros de comprimento x 2 metros de largura.

2.2.2 Dietas experimentais

As dietas avaliadas foram a dieta controle (DC), dieta com inclusão de 20% de germen de milho integral (20%GI) e dieta de germen desengordurado (20%GD).

2.2.3 Ensaio de palatabilidade

A palatabilidade foi determinada por meio da mensuração da preferência alimentar e primeira escolha entre as rações ofertadas aos cães. As quantidades fornecidas e as sobras foram quantificadas para se calcular a preferência alimentar e a primeira escolha definida pelo registro do primeiro pote que o animal se aproximou durante a oferta simultânea dos alimentos. A posição dos potes foi alternada no segundo dia de teste para se evitar preferências por posição de alimentação.

Para essa avaliação foram utilizados 16 cães Beagles. A palatabilidade foi mensurada comparando-se as dietas em pares (Griffin, 2003), resultando em três testes: DC vs. 20%GI, DC vs. 20%GD e 20% GI vs. 20%GD. Cada teste de palatabilidade foi composto por três dias consecutivos, nos quais foram fornecidos, uma vez ao dia aos cães às 8:00 horas, dois potes contendo as duas diferentes dietas a serem comparadas, durante um período de 30 minutos.

2.2.4. Delineamento e análises estatísticas

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado. A preferência alimentar foi calculada com base no consumo (fornecido – sobras) relativo das dietas (A e B), sendo:

$$\text{Preferência alimentar (\%)} = \left[\frac{\text{g ingeridas da dieta A ou B}}{\text{g totais fornecidas (A + B)}} \right] \times 100$$

Previamente, os dados foram submetidos à análise de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade, e se atendido a essas premissas, foram realizados os testes seguintes. Os dados de consumo voluntário foram analisados pelo teste t-Student e a primeira escolha pelo teste Qui-quadrado, ambos a 5% de probabilidade.

3 Resultados

3.1. Experimento 1: Ensaio de Digestibilidade e características das fezes

Foram observadas diferenças quanto aos ingredientes no CDA da MS, EB e EM, sendo que a dieta com GD teve o menor valor de CDA ($P < 0,05$, Tabela 4). Com a inclusão do complexo enzimático houve melhora do CDA da MS, EB e EM ($P < 0,05$, Tabela 4). Não foi observada diferença na quantidade de ácido siálico entre os tratamentos ($P > 0,05$, Tabela 4). Não foram observados efeitos dos ingredientes e da inclusão da enzima na produção dos ácidos graxos de cadeia curta (Tabela 5).

A inclusão de GI ou GD, e a inclusão de enzima não influenciou o escore fecal, produção de fezes, pH e NH_3 ($P > 0,05$, Tabela 6). Foi observada uma tendência de melhora na MSf com a inclusão dos ingredientes GD e GI ($P < 0,1$, Tabela 6).

Tabela 4. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA, %) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB) e energia metabolizável (EM, Kcal/kg) das dietas experimentais, dieta controle (DC) e dietas contendo 20% de gérmen integral (20%GI) e gérmen desengordurado (GD) fornecidas para cães adultos.

	Enzima	CDA MS (%)	CDA PB (%)	CDA EB (%)	EM (kcal/kg)
DC	Sem	79,62 ^A	83,52 ^{AB}	83,02 ^A	3385,3 ^A
	Com	80,62 ^A	83,89 ^{AB}	84,32 ^A	3523,1 ^A
GI	Sem	79,14 ^A	83,51 ^A	82,41 ^A	3425,5 ^A
	Com	80,81 ^A	85,15 ^A	84,05 ^A	3505,7 ^A
GD	Sem	77,34 ^B	81,58 ^B	79,30 ^B	3247,2 ^B
	Com	79,14 ^B	83,05 ^B	82,55 ^B	3332,7 ^B
EPM		0,256	0,324	0,394	18,11
Fatorial					
Ingrediente (A)		<0,001	0,025	0,001	<0,001
Enzima (B)		0,002	0,057	0,002	<0,001
A x B		0,634	0,632	0,387	0,348

^{A,B} Letras maiúsculas diferem na mesma coluna (entre os ingredientes) (P<0,05).

Tabela 5. Perfil de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) das fezes de cães adultos alimentados com a dieta controle (DC) e dietas contendo 20% de gérmen integral (20%GI) e gérmen desengordurado (GD).

	Enzima	Acético	Propiônico	Butírico	Valérico	Isobutírico	Iso valérico	AGCC TOTAIS
DC	Sem	30,82	14,33	4,89	1,66	4,49	1,10	57,31
	Com	30,83	14,81	4,61	1,27	4,23	0,94	56,71
GI	Sem	32,30	13,39	5,21	1,62	4,49	1,15	58,19
	Com	28,81	11,68	4,19	1,95	4,89	1,14	52,67
GD	Sem	27,62	10,43	4,33	1,49	4,55	1,08	49,53
	Com	29,71	11,22	4,92	1,63	4,74	1,47	53,71
EPM		1,112	0,639	0,214	0,077	0,255	0,057	1,905
Fatorial								
Ingrediente (A)		0,715	0,063	0,973	0,220	0,867	0,183	0,528
Enzima (B)		0,844	0,907	0,597	0,861	0,848	0,511	0,872
A x B		0,620	0,673	0,349	0,142	0,881	0,133	0,612

Tabela 6. Características fecais de cães recebendo dieta controle (DC), com adição de 20% de gérmen integral (20%GI), 20% de gérmen desengordurado (20%GD) com e sem adição do complexo enzimático.

	Enzima	Ac. Siálico (mg)	MSf ¹ (%)	Escore ^{2*}	PF MS ³	pH	NH ₃ ⁴
DC	Sem	0,679	37,88	3,36	6,98	6,91	0,095
	Com	0,697	37,81	3,44	6,73	6,77	0,086
GI	Sem	0,669	40,26	3,63	6,84	6,86	0,086
	Com	0,698	40,26	3,64	6,702	6,84	0,096
GD	Sem	0,625	40,29	3,28	7,01	6,8	0,102
	Com	0,643	40,56	3,49	6,98	6,96	0,111
EPM ⁵		0,023	0,375	0,052	0,049	0,047	0,003
Fatorial							
Ingrediente (A)		0,625	0,069	-	0,108	0,923	0,142
Enzima (B)		0,664	0,920	-	0,105	0,978	0,638
A x B			0,977	-	0,592	0,300	0,457

^{A,B} Letras maiúsculas diferem na mesma coluna (entre os ingredientes) (P<0,05).

EPM: Erro padrão da média.

*Letras distintas diferem pelo teste Kruskal-Wallis (P <0,05).

¹ MSf: matéria seca fecal;

² Escore fecal: 1 a 5, sendo: 1 = fezes pastosas e sem forma; e 5, fezes bem formadas, duras e secas. Kruskal-Wallis (P <0,05).

³ PF MS: produção fecal na matéria seca.

⁴ NH₃: nitrogênio amoniacal.

⁵ EPM: erro padrão da média.

3.3. Experimento 2: Palatabilidade de dietas contendo gérmen de milho integral (GI) ou desengordurado (GD)

Quanto ao ensaio de palatabilidade, na comparação DC vs 20%GI, não houve diferença na primeira escolha (P>0,05, Tabela 7), já os cães ingeriam em maior quantidade a DC (P<0,05, Tabela 7). Na comparação DC vs 20%GD, os cães preferiram a dieta 20% GD tanto na primeira escolha como no consumo (P<0,05, Tabela 7). Na última comparação 20%GI vs 20%GD não foram observadas diferenças (P>0,05, Tabela 7).

Tabela 7. Número de primeira visita ao pote com a dieta A (n) e razão de ingestão (RI + erro padrão) de cães alimentados com a dieta controle (DC), 20% gérmen integral (20%GI) e 20% gérmen desengordurado (20%GD).

Dieta A x B	n ^a	RI da dieta A ^b
DC x 20%GI	16	0,57 ± 0,04*
DC x 20%GD	11	0,34 ± 0,04*
20%GI x 20%GD	16	0,51 ± 0,05

Número de visitas ao pote com dieta A não difere pelo teste qui-quadrado e RI pelo teste-t (P>0,05);

^a Número de visitas ao pote com a dieta B é obtida como 32 – n;

^b RI: [g ingeridas da dieta A ou B/ g totais fornecidas (A + B)] x 10

4 Discussão

A pesquisa com ingredientes alternativos ao milho é crescente na nutrição de animais de produção e animais de companhia. Poucos estudos foram constatados avaliando o gérmen de milho para cães (Sá-Fortes et al., 2010), nenhum comparando o gérmen integral e desengordurado, com e sem inclusão de enzima. Foram encontrados estudos avaliando o gérmen de milho para galinhas poedeiras Brunelli et al. (2010), para suínos (Moreira et al., 2002; Lee et al., 2012; Weber et al., 2010), para frangos de corte (Fonseca et al., 2006). Todos chegando a conclusões quanto ao nível de inclusão não passando de 20% em média.

Foi observado menor digestibilidade dos nutrientes da dieta com gérmen desengordurado, isso pode ser explicado possivelmente pela diferença de co-produto em questão. Uma vez que o GD foi peletizado, desta forma, passou por mais um processo térmico do que o GI, fato que pode ter modificado a estrutura do amido, aumentando o amido resistente, o que reduz a digestão desse componente (Walter et al. 2005).

Em seu estudo, Sá-Fortes et al. (2010) utilizaram um gérmen de milho com menor composição de PB, EEHA e maior fibra, do que os gérmenes utilizados no presente estudo, e observou uma redução na digestibilidade dos nutrientes, enquanto no presente estudo apenas o gérmen desengordurado foi inferior a dieta controle. Ao analisar os teores de FDN (27,13% e 30,36%) e FDA (5,92% e 6,19%), respectivamente do GD e GI, observa-se que são maiores do que os valores encontrados no milho (11,2% de FDN e 2,64 de FDA) (Rostagno, 2017). A composição de polissacarídeos não-amiláceos (PNA) são determinantes na influência que causam no aproveitamento dos nutrientes. Vanderhoof (1998) descreve que a ação da fibra cria uma barreira física, não permitindo atuação maior das enzimas digestivas, desta forma reduzindo a digestibilidade dos ingredientes, corroborando com resultados observados em estudos onde variaram a inclusão de PNA nas dietas de cães (Silva et al., 2016; Sabchuk et al., 2017).

Uma forma de reduzir a influência negativa dos PNA na digestibilidade dos nutrientes seria incluir enzimas exógenas as dietas dos cães. Desta forma, permitiria utilizar co-produtos mais baratos em relação ao milho, por exemplo. Na literatura foram encontrados diversos estudos avaliando diferentes fontes de carboidratos e enzimas exógenas em dietas para cães (Twomey et al., 2003a; Twomey et al., 2003b; Félix et al., 2012; Pacheco et al., 2014). De acordo com Bedford (2000) enzimas exógenas

reduzem a variação de qualidade de nutrientes dos alimentos e aumentar a disponibilidade de fósforo, por meio do uso de fitases.

Bedford & Schulze (1998) citam diversos fatores que podem influenciar na eficácia das enzimas exógenas, como a fonte enzimática, processamento e variabilidade do ingrediente, interação com outros componentes da dieta e fatores intrínsecos ao animal. Por isso, pode-se encontrar resultados discrepantes na literatura. De acordo com Villaverde et al. (2017) a maior parte dos estudos encontrados avaliaram carboidrases, ou complexos enzimáticos (amilases, proteases e lipases), aplicados a ingredientes com alto teor de fibras, a fim de melhorar o aproveitamento dos nutrientes em dietas para cães.

No presente estudo, houve melhora da digestibilidade ao incluir a enzima. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2016) utilizando dieta a base de milho, e com inclusão de até 20% de DDGS. A inclusão de 0,5 g/kg de xilanase resultou em melhora da digestibilidade da MS, PB e MO. O DDGS, também é um co-produto do milho, e possui perfil semelhante de PNA ao gérmen de milho (em sua maioria arabinose e xilose insolúvel). Enquanto Risolia (2017) avaliando dietas com 20% de DDGS, utilizando a xilanase (0,2 g/kg) e protease (0,5 g/kg) (não verificou alteração na digestibilidade, possivelmente pela concentração de enzima menor que a utilizada por Silva et al. (2016).

Enquanto, em pesquisa realizada por Twomey et al. (2003a) comparando dietas a base de arroz, sorgo e milho sem e com a inclusão de um complexo enzimático (1 ml/tonelada, xilanase, α -amilase, beta-glucanase, hemicelulase, pectinase e endoglucanase) os autores não verificaram influência na digestibilidade dos nutrientes. Resultados semelhantes foram encontrados por Pacheco et al. (2014), avaliando dietas com farelo de arroz integral com inclusão de um blend enzimático (carboidrases, fitase e protease, 0,4 e 0,8 g/kg de dieta) e não observaram diferença na digestibilidade ao incluírem o complexo enzimático. No entanto, Félix et al. (2012) avaliando dietas a base de farelo de soja e farinha de vísceras, com a inclusão de um complexo enzimático (2 g/kg, galactosidase, β -glucanase e xilanase) constatou melhora na digestibilidade dos nutrientes das dietas.

No presente estudo, a inclusão de enzima teve efeito na digestibilidade da MS, EB e EM em todas as dietas, não sendo observado interação entre enzima e ingrediente. Pois de acordo com os resultados das análises dos PNA das dietas, observam-se valores de arabinoxilanos (solúveis e insolúveis) da DC (3,1%), da dieta

20%GI (3,4%) e da dieta 20%GD (3,3%) muito semelhantes. Desta forma havia substrato para atuação da enzima em todas as dietas, o que explica o efeito de melhoria da digestibilidade dos nutrientes com a inclusão do complexo enzimático. A exceção foi a EM, onde a dieta com GD sem enzima teve a menores valores.

Alguns oligossacarídeos, como os arabinoxilanos são importantes para a saúde intestinal, podendo atuar como prebióticos (Niewold et al., 2012). Com a fermentação desses oligossacarídeos no intestino, os produtos resultantes são fundamentais para determinar por exemplo a microbiota, selecionando ou não bactérias benéficas. Ou até mesmo atuando como fonte de energia para os colonócitos, como é o caso do ácido butírico (Roediger et al., 1982).

No entanto, não foram observadas diferenças entre as dietas quanto à produção de ácidos graxos de cadeia curta nesse trabalho. Isso possivelmente ocorreu, pois o perfil da fibra do gérmen de milho é insolúvel, a qual tem menor fermentabilidade e são menos consumidos pela microbiota intestinal, consequentemente não influenciando na produção de AGCC (Swanson et al., 2001).

Quanto as características das fezes, foram observadas apenas influência dos ingredientes na MSf. As dietas com inclusão do gérmen integral e desengordurado apresentaram fezes com maior MSf, quando comparado a DC. Isso provavelmente ocorreu, pois nessas dietas havia mais PNA insolúvel, e ao aumentar essa fração da fibra, diminui a quantidade de água eliminada nas fezes resultado em fezes mais secas, conforme foi observado por Fahey et al. (1990) e Sabchuk et al. (2017). Já as outras variáveis, escore fecal, NH_3 e pH não diferiram quanto ao ingrediente e inclusão de enzima. Resultados semelhantes foram observados por Félix et al. (2012), Sá- Fortes et al. (2013) e Pacheco et al. (2014) onde a inclusão de enzima exógena não influenciaram nas características fecais. Enquanto, resultados distintos foram observados por Twomey et al. (2003a), Twomey et al. (2003b) ao avaliaram complexo enzimático, verificando melhora do escore fecal.

5 Conclusão

A inclusão de 20% de gérmen integral e desengordurado não altera a digestibilidade da dieta. Ao incluir complexo enzimático houve melhora da digestibilidade dos nutrientes e EM. A inclusão de 20% de gérmen integral reduziu o consumo da dieta em relação a dieta controle. Já os cães preferem a dieta 20% gérmen desengordurado em relação a dieta controle.

6 Referências Bibliográficas

- Association of American Feed Control Officials, 2003. Dog and Cat Nutrient Profiles. Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA
- Bedford, M.R., 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - Their current value and future benefits. *Anim. Feed Sci. Technol.* 86, 1–13. doi:10.1016/S0377-8401(00)00155-3
- Bedford, M.R., Schulze, H., 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutr. Res. Rev.* 11, 91. doi:10.1079/NRR19980007
- Brito, C., Bernadete, M. De, Félix, A.P., Jesus, R.M., Franc, M.I. De, Oliveira, S.G. De, Krabbe, E.L., Maiorka, A., 2010. Digestibility and palatability of dog foods containing different moisture levels, and the inclusion of a mould inhibitor. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159, 150–155. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.06.001
- Brunelli, S.R., Pinheiro, J.W., Aparecida, N., Fonseca, N., Oba, A., Abércio, C., 2010. Revista Brasileira de Zootecnia Farelo de germen de milho desengordurado na dieta de poedeiras comerciais de 28 a 44 semanas de idade Defatted corn germ meal in diets for laying hens from 28 to 44 weeks of age Introdução Material e Métodos O experimento f 1068–1073.
- Carciofi, A.C., 2008. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gato. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 28–41.
- Carciofi, A.C., Oliveira, L., Valério, A., Borges, L.L., Carvalho, F., Brunetto, M.A., Vasconcellos, R.S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151, 251–260. doi:10.1016/j.anifeedsci.2009.01.002
- Carciofi, A.C., Palagiano, C., Sá, F.C., Martins, M.S., Gonçalves, K.N. V, Bazolli, R.S., Souza, D.F., Vasconcellos, R.S., 2012. Amylase utilization for the extrusion of dog diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 177, 211–217. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.08.017

- Cowieson, A.J., Adeola, O., 2005. Carbohydrases, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. *Poult. Sci.* 84, 1860–1867. doi:10.1093/ps/84.12.1860
- Dermachi, J.J.A.A. Bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 1998, Espírito Santo do Pinhal. Anais... Espírito Santo do Pinhal: Fundação Pinhalense de Ensino, 1998. p.117-130.
- Fahey, G.C., Merchen, N.R., Corbin, J.E., Hamilton, A.K., Serbe, K.A., Lewis, S.M., Hirakawa, D.A., 1990. Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.* 68, 4221–4228.
- Félix, A.P., Carvalho, M.P., Alarça, L.G., Brito, C.B.M., Oliveira, S.G., Maiorka, A., 2012. Effects of the inclusion of carbohydrases and different soybean meals in the diet on palatability, digestibility and faecal characteristics in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 174, 182–189. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.03.013
- Fonseca, N., Oliveira, D.D. De, Cunha, G.E., Francisco, L., 2006. Revista Brasileira de Zootecnia Inclusão de farelo de gérmen de milho desengordurado na alimentação de Feeding increasing defatted corn germ meal levels to broiler chickens Material e Métodos.
- Fortes, C.M.L.S., Carciofi, A. C., Sakomura, N.K., Kawauchi, I.M., Vasconcellos, R.S., 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 156, 121–125. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.01.009
- Lee, J.W., McKeith, F.K., Stein, H.H., 2012. Up to 30% corn germ may be included in diets fed to growing-finishing pigs without affecting pig growth performance, carcass composition, or pork fat quality. *J. Anim. Sci.* 90, 4933–4942. doi:10.2527/jas.2012-5129
- Moreira, I., Ribeiro, C.R., Furlan, A.C., Scapinello, C., Kutschenko, M., 2002. Utilização do Farelo de Germe de Milho Desengordurado na Alimentação de Suínos em Crescimento e Terminação – Digestibilidade e Desempenho 1 Utilization of

Defatted Corn Germ Meal on Growing-Finishing Pigs Feeding – Digestibility and Performance 2238–2246.

- Niewold, T.A., Schroyen, M., Geens, M.M., Verhelst, R.S.B., Courtin, C.M., 2012. Dietary inclusion of arabinoxylan oligosaccharides (AXOS) down regulates mucosal responses to a bacterial challenge in a piglet model. *J. Funct. Foods* 4, 626–635. doi:10.1016/j.jff.2012.04.002
- Pacheco, G.F.E., Marcolla, C.S., Machado, G.S., Kessler, A.M., Trevizan, L., 2014. Effect of full-fat rice bran on palatability and digestibility of diets supplemented with enzymes in adult dogs. *J. Anim. Sci.* 92, 4598–4606. doi:10.2527/jas2013-7137
- Roediger, W.E.W. The effect of bacterial metabolism on the nutrition and function of the colon mucosa: a symbiosis between man and bacteria. In: H. Goebbel; H. Kaspar; Colon and nutrition. 1. Ed. Lancaster: M.T.P. Press, 1982, p.11-26.
- Sabchuk, T.T., Lowndes, F.G., Scheraiber, M., Silva, L.P., Félix, A.P., Oliveira, S.G., 2017. Effect of soya hulls on diet digestibility, palatability, and intestinal gas production in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 225, 134–142.
- Silva, J.R., Sabchuk, T.T., Lima, D.C., Félix, A.P., Maiorka, A., Oliveira, S.G., 2016. Use of distillers dried grains with solubles (DDGS), with and without xylanase, in dog food. *Anim. Feed Sci. Technol.* 220, 136–142. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.08.001
- Swanson, K.S., Grieshop, C.M., Clapper, G.M., Shields, R.G., Belay, T., Merchen, N.R., Fahey, G.C., 2001. Fruit and vegetable fiber fermentation by gut microflora from canines. *J. Anim. Sci.* 79, 919–26. doi:/2001.794919x
- Twomey, L.N., Pluske, J.R., Rowe, J.B., Choct, M., Brown, W., McConnell, M.F., Pethick, D.W., 2003. The effects of increasing levels of soluble non-starch polysaccharides and inclusion of feed enzymes in dog diets on faecal quality and digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108, 71–82. doi:10.1016/S0377-8401(03)00161-5
- Twomey, L.N., Pluske, J.R., Rowe, J.B., Choct, M., Brown, W., Pethick, D.W., 2003. The replacement value of sorghum and maize with or without supplemental

enzymes for rice in extruded dog foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108, 61–69.
doi:10.1016/S0377-8401(03)00168-8

Vanderhoof, J. a, 1998. Immunonutrition: the role of carbohydrates. *Nutrition* 14, 595–8.

Walter, M., Silva, L.P., Emanuelli, T. 2005. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. *Ciência Rural*, v.35, n.4, p.974-980.

Weber, T.E., Trabue, S.L., Ziemer, C.J., Kerr, B.J., 2010. Evaluation of elevated dietary corn fiber from corn germ meal in growing female pigs. *J. Anim. Sci.* 88, 192–201.
doi:10.2527/jas.2009-1896

Yamka, R.M., Kitts, S.E., True, A.D., Harmon, D.L., 2004. Evaluation of maize gluten meal as a protein source in canine foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116, 239–248.
doi:10.1016/j.anifeedsci.2004.06.007

CAPÍTULO V -- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado consumidor de alimentos para cães é cada vez mais exigente, quanto a qualidade nutricional da dieta, segurança alimentar, e que agregue sempre saúde aos animais, longevidade com qualidade de vida. Neste intuito, os fabricantes precisam estar atentos às necessidades nutricionais, como também atentos as tendências comerciais, que estão associados no desenvolvimento de novos ingredientes, novas tecnologias, avanços na nutrição de cães e gatos, para melhor atender as exigências nutricionais desses animais.

Há grande potencial na utilização de co-produtos na nutrição de cães. No entanto, é necessário que haja avaliação de níveis máximos e seguros, a fim de não afetar de forma negativa a digestibilidade dos nutrientes e características fecais. Existem co-produtos com altos níveis de fibra, sendo essa uma possível limitação a sua inclusão em dietas para cães. No entanto, pode-se utilizar de ferramentas, como adição de enzimas para melhorar o seu aproveitamento.

O segundo capítulo teve esse objetivo, avaliando o óleo de milho, um co-produto, o qual foi avaliado pela demanda da indústria. Essa demanda ocorreu devido a uma variação de produção e preço do milho e da soja, no período de 2014, em que houve uma supervalorização da soja, e teve um excedente de óleo de milho. Além disso, não foram encontrados estudos avaliando esse produto bruto na nutrição de cães e gatos. A associação entre esses fatores, tornou-se o estudo de grande relevância.

O óleo de milho é considerado um produto *premium* e de boa estabilidade, em relação a oxidação da gordura. Foi bem consumido pelos cães, e as dietas com adição de óleo de milho tiveram boa estabilidade e boa digestibilidade das dietas. Foi também avaliado a digestibilidade do ingrediente, e os óleo de milho e de vísceras apresentaram alta digestibilidade.

A avaliação da digestibilidade do ingrediente, são informações importantes para melhor entender a real disponibilidade de cada nutriente, e até mesmo as possíveis interferências entre os ingredientes. A avaliação da digestibilidade de um ingrediente, como o óleo é menos encontrado na literatura. Talvez pela maior dificuldade em adequar as metodologias disponíveis para realizar tal avaliação.

A metodologia utilizada, foi proposta por Matterson, também conhecida por método da substituição. Na maioria dos estudos, foram avaliados ingredientes proteicos e cereais. No capítulo III, os resultados obtidos foram bem interessantes e coerentes, o que nos indica que essa metodologia também foi eficaz na avaliação da digestibilidade do ingrediente.

Entender o metabolismo dos animais de cada nutriente é importante para poder cada vez mais formular dietas que atendam de forma precisa as exigências nutricionais. As perdas endógenas são pouco estudadas em cães, principalmente quando se trata das gorduras, mesmo sendo valores pequenos, não podemos ignorá-las. Determinar as perdas endógenas nas fezes é uma forma de estimar a digestibilidade verdadeira. Dos estudos que foram encontrados que avaliaram as perdas endógenas da gordura, observou-se uso de diferentes metodologias para atingir o objetivo. Além de diferenças nas metodologias de análises empregadas, perfil da dieta, como níveis de fibra bruta e a fonte de gordura utilizada, ambos podem impactar diretamente no resultado.

Em dois estudos realizados utilizando a mesma metodologia para estimar as perdas endógenas, observou-se resultados diferentes, o que pode ser atribuído pois um deles utilizou dados de vários ensaios, com diversas dietas, fontes de gordura e níveis nutricionais diferentes, animais com diferentes idades, fatores que podem influenciar no valor de perdas endógenas. Já um estudo mais recente, utilizando uma dieta com perfil nutricional próxima a utilizada nesse estudo (com níveis de FB semelhantes e mesma fonte de gordura utilizada), obtiveram resultados próximos aos obtidos nesse trabalho. Demonstrando assim que a metodologia é eficiente para estimar as perdas endógenas. Para as próximas pesquisas, é interessante avaliar quão impactante neste valor é a variação da FB, da classificação das fibras, fonte de gordura, efeito da idade, etc.

As metodologias encontradas para avaliar as perdas endógenas são mais complicadas de serem realizadas, seja por que algumas dietas precisam ser *livres* do nutriente que será avaliado, o que é complicado, pois em um determinado tempo os animais ficaram com um déficit nutricional, principalmente quando pensamos em avaliar em filhotes. Outro motivo, pois outra forma em se avaliar é utilizar animais canulados, obtendo amostras ileais. No entanto, atualmente no Brasil essa metodologia dificilmente seria aprovada pelo comitê de ética na utilização dos animais em experimentos.

Desta forma, metodologias que possam estimar por meio de cálculos são uma boa alternativa para tal avaliação, como as realizadas no Capítulo II, onde as dietas continham o mínimo de gordura possível, e foram formuladas dietas com níveis crescentes de óleo. Desta forma, possibilitou estimar o valor de gordura excretada quando o consumo de gordura foi 0 gramas ingeridas.

Já no ultimo experimento da tese, é reflexo de uma demanda cada vez maior da utilização de co-produtos na nutrição animal. No entanto, para a utilização alguns co-produtos tem menor aceitação pela indústria, como o caso do germen de milho, devido ao maior nível de fibras, e os efeitos que podem causar na digestibilidade dos nutrientes e nas características das fezes em cães. Pensando nesse ponto, talvez uma alternativa para minimizar tal efeito, seria a utilização de aditivos, como enzimas exógenas ou complexo enzimático, o qual foi utilizado no capítulo IV, melhorando o aproveitamento dos nutrientes e energia metabolizável.

Ao avaliar uma enzima exógena, tem que observar a formulação e se terá substrato para atuação dessas enzimas, só assim poderá haver alguma melhoria nesses aspectos. Ainda, observa-se que dos produtos comerciais disponíveis a maioria só tem indicação de uso para outros animais monogástricos. Desta forma, deixo como desafio para futuros pesquisadores, desenvolver novos experimentos, avaliando formulações com características específicas, como teores de FDT variando, níveis de proteína, gordura e vários tipos de enzimas, usadas separadamente e em complexos enzimáticos, para podermos entender melhor todos esses fatores, e como funcionam, qual influência de cada um, e quais níveis de cada enzima exógena e qual atividade é mais eficaz. Como observados há multi fatores que podem influenciar nos resultados.

Para concluir, aprimorar metodologias, visando praticidade, precisão e acurácia nos resultados é fundamental para podermos cada vez mais entender e conhecermos a questão de aproveitamento e metabolismo dos nutrientes nos animais em diferentes idades, para garantir uma melhor nutrição em todas as fases. Desta forma, as metodologias utilizadas, principalmente a proposta por Kendall se mostrou eficiente e atingiu o objetivo que foi proposto.

CAPÍTULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboissa óleos vegetais, óleo de milho. 1990.
<https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&esv=2&esth=1&ie=UTF-8#q=%C3%B3leo+de+milho+processamento>. (Accessed 10 January 2015).
- Ahlstrøm, Ø., Krogh, A., Vhile, S.G., Skrede, A., 2004. Fatty acid composition in commercial dog foods. *J. Nutr.* 134, 2145-2147.
- Annegers, J. H., J. H. Boutwell, A.C. Ivy, 1955. The effects of dietary fat on fecal fat excretion and subjective symptoms in man. *Gastroenterology*, 10:486-495.
- American Oil Chemists' Society, 2004. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 5th ed. Champaign.
- Antar, R.S., Harms, R.H., Shivazad, M., Faria, D.E., Russell, G.B., 2004. Performance of commercial laying hens when six percent corn oil is added to the diet at various ages and with different levels of tryptophan and protein. *Poult. Sci.* 83, 447-455.
- Apgar, J.L., Shively, C.A., Tarka, A.M., 1986. Digestibility of cocoa butter and corn oil and their influence on fatty acid distribution in rats. *Am. Inst. Nutr.* 660-665.
- Argenzio, R.A. 1988. Digestão e absorção de Carboidratos, Gorduras e Proteínas.
- Associação nacional dos fabricantes de alimentos para animais de estimação - ANFAL Pet. Manual do programa integrado de qualidade pet - PIQ PET, 2011.
- Association of American Feed Control Officials, 2003. Dog and Cat Nutrient Profiles. Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA.
- Association of the Official Analytical Chemists, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, D.C., USA.

Bach Knudsen, K.E., B.B. Jensen., J.O. Andersen, I. Hansen., 1991. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. Microbial activity in the gastrointestinal tract. Br. J. Nutr. 65:233–248.

Bedford, M.R., 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - Their current value and future benefits. Anim. Feed Sci. Technol. 86, 1–13. doi:10.1016/S0377-8401(00)00155-3.

Bedford, M.R., Schulze, H., 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. Nutr. Res. Rev. 11, 91. doi:10.1079/NRR19980007.

Belyea, R.L., Rausch, K.D., Tumbleson, M.E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. Bioresource Technology. 94: 3, 293 -298.

Biourge, V. C., Fontaine, J. 2004. Exocrine pancreatic insufficiency and adverse reaction to food in dogs: A positive response to a high-fat, soy isolate hydrolysate- based diet. J. Nutr. 134, 2166-2168.

Bohnsack, C. R., R. H. Harms, W. D. Merkel, and G. B. Russell. 2002. Performance of commercial layers when fed diets with four levels of corn oil or poultry fat. J. Appl. Poult. Res.11:68–76.

Brito, A.B., Strighini, J.H.; Cruz, C.P; et al. Avaliação nutricional do gérmen integral de milho para aves, Universidade Federal de Goiás, 2005, Dissertação (Mestrado em Produção animal), Universidade Federal de Goiás, 2005.

Brito, C.B.M, A.P. Félix, R.M. Jesus, M.I. França, S.G. Oliveira, E. L. Krabbe, A. Maiorka, 2010. Digestibility and palatability of dog foods containing different moisture levels, and the inclusion of a mould inhibitor. Anim. Feed Sci. Technol., 159:150-155.

Brunelli, S.R., Pinheiro, J.W., Aparecida, N., Fonseca, N., Oba, A., Abércio, C., 2010. Revista Brasileira de Zootecnia Farelo de gérmen de milho desengordurado na dieta de poedeiras comerciais de 28 a 44 semanas de idade Defatted corn germ meal in diets for laying hens from 28 to 44 weeks of age Introdução Material e Métodos O experimento f 1068–1073.

Buddington, R.K., 2003. Postnatal changes in bacterial populations in the gastrointestinal tract of dogs. Am. J. Vet. Res. 64:646–651.

Burkholder, W.J. 1999. Age-related changes to nutritional requirements and digestive function in adult dogs and cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 215:625– 629.

Campsilos. Disponível em: <http://www.campsilos.org/mod3/students/index.shtml>, Acesso em: 19/02/2014.

Carciofi, A.C., 2008. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. 2008. *R. Bras. Zootec.* 37, 28-41.

Carciofi, A.C., Oliveira, L., Valério, A., Borges, L.L., Carvalho, F., Brunetto, M.A., Vasconcellos, R.S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151, 251–260.

Carciofi, A.C., Palagiano, C., Sá, F.C., Martins, M.S., Gonçalves, K.N. V, Bazolli, R.S., Souza, D.F., Vasconcellos, R.S., 2012. Amylase utilization for the extrusion of dog diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 177, 211–217. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.08.017.

Case, L.P., Carey, D.P., Hirakawa, D.A., Daristotle, L., 2000. *Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals*, 2nd ed. Mosby, St. Louis.

Cera, K.R., Mahan, D.C., Reinhart, G.A., 1989. Apparent digestibilities and performance responses of postweaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. *J. Anim. Sci.* 67, 2040-2047.

Clement, J. 1975. Nature and importance of endogenous fatty acids during intestinal absorption of fats. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 21: 281-307.

Conab, 2017. Acesso em 06/11/2017. Disponível em< http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf>

Corn Refiners Association, 2006. *Corn Oil*. 5° Edição. Washington D.C. Available at: < <https://corn.org/wp-content/uploads/2009/12/CornOil.pdf>. Acessado em: Mar. 15, 2015.

Cowieson, A.J., Adeola, O., 2005. Carbohydrases, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks.

Poult. Sci. 84, 1860–1867. doi:10.1093/ps/84.12.1860.

Dermachi, J.J.A.A. Bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 1998, Espírito Santo do Pinhal. Anais... Espírito Santo do Pinhal: Fundação Pinhalense de Ensino, 1998. p.117-130.

Earle, K.E.; Kienzle, E.; Opitz, B.; Smith, P.M.; Maskell, I.E. Fiber affects digestibility of organic matter and energy in pet foods. *Journal Nutrition*, v.128, p.2798S-2800S, 1998.

Elliott, J.P., Drackley, J.K., Schauff, D.J., Jaster, E.H., 1993. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 76, 775-89.

Faber, T.A., Hopkins, A.C., Middelbos, I.S., Price, N.P., Fahey, G.C., 2011. Galactoglucomannanoligosaccharides supplementation affects nutrients digestibility, fermentation end-product production, and large bowel microbiota of the dog. *J. Anim. Sci.* 89, 103-112.

Fahey, G.C., Merchen, N.R., Corbin, J.E., Hamilton, A.K., Serbe, K.A., Lewis, S.M., Hirakawa, D.A., 1990. Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.* 68, 4221–4228.

Fahey, G.C., K.A. Barry, K.S. Swanson, 2008. Age-related changes in nutrient utilization by companion animals. *Annu. Rev. Nutr.* 28:425–445.

Fan, M.Z.; Sauer, W.C. 1995. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. *Journal of Animal Science*, v.73, p.2364-2374.

Félix, A.P. Avaliação Nutricional de derivados proteicos de soja para cães. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 168 p., 2011.

Félix, A.P., Carvalho, M.P., Alarça, L.G., Brito, C.B.M., Oliveira, S.G., Maiorka, A., 2012. Effects of the inclusion of carbohydrases and different soybean meals in the diet on palatability, digestibility and faecal characteristics in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 174, 182–189. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.03.013.

Félix, A.P., Zanatta, C.P., Brito, C.B.M., Oliveira, S.G., Maiorka, A., 2013. Digestibility and metabolizable energy of raw soybeans manufactured with different processing treatments and fed to adult dogs and puppies. *J. Anim. Sci.*

91, 2794-2801.

Fonseca, N., Oliveira, D.D. De, Cunha, G.E., Francisco, L., 2006. Revista Brasileira de Zootecnia Inclusão de farelo de gérmen de milho desengordurado na alimentação de Feeding increasing defatted corn germ meal levels to broiler chickens Material e Métodos.

Fortes, C.M.L.S., Carciofi, A. C., Sakomura, N.K., Kawauchi, I.M., Vasconcellos, R.S., 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. Anim. Feed Sci. Technol. 156, 121–125.

doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.01.009

Griffin, R., 2003. Palatability testing methods: parameters and analyses that influence test conditions. In: Petfood Technology, 1 ed. Watt Publishing Co., Mt.Morris, IL, pp. 187–193

Gröner, T.; Pfeffer, E. 1997. Estimation of digestible energy in dry extruded dog foods. J Anim. Physiol. Anim. Nutr. 77, 207-213.

Gunstone, F. D. 1986. Fatty acid structure. Pages 1–23 in The Lipid Handbook. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, and F. B. Padley, ed. Chapman and Hall Ltd., New York.

Handler, J.A., C.A. Genell, R.S. Goldstein, 1994. Hepatobiliary function in senescent male sprague-Dawley rats. Hepat. 19:1496–1503.

Harms, R. H., G. B. Russell, and D. R. Sloan. 2000. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. J. Appl. Poult. Res. 9:535–541.

Hendricks, W. H., K. Sritharan, S.M. Hodgkinson, 2002. Comparison of the endogenous ileal and faecal amino acid excretion in the dog (*Canis familiaris*) and the rat (*Rattus rattus*) determined under protein-free feeding and peptide alimentation. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 86:333-34.

Hendriks, W.H., D. G. Thomas, G. Bosch, C. G. Fahey, 2013. Comparison of ileal and total tract nutrient digestibility of dry dog foods. J. Anim. Sci. 91:3807–3814.

Henry, B., O. L. Ramos, 1959. Determinants of the flow and composition of

bile in the unanesthetized dog during constant infusions of sodium taurocholate. *J. Clin. Invest.* 39:161–170.

Hewson-Hughes, A.K., V. L. Hewson-Hughes, A. Colyer, A.T. Miller, S.J. McGrane,

S.R. Hall, R.F. Butterwick, S.J. Simpson, D. Raubenheimer, 2013. Geometric analysis of macronutrient selection in breeds of the domestic dog, *Canis lupus familiaris*. *Behav. Ecol.* 24:293–304.

Jørgensen, H., K. Jakobsen, B.O. Eggum, 1993. Determination of Endogenous Fat and Fatty Acids at the Terminal Ileum and on Faeces in Growing. *Acta Agric. Scand. Sect. Anim. Sci.* 43:01–106.

Kawauchi, I.M., Sakomura, N.K., Vasconcellos, R.S., de-Oliveira, L.D., Gomes, M.O.S., Loureiro, B.A., Carciofi, A.C., 2011. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured by two different techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.* 169, 96-103.

Kendall, P.T., S.E. Blaza, A.W. Holme, 1982a. Assessment of Endogenous Nitrogen Output in Adult Dogs of Contrasting Size Using a Protein-Free Diet. *J. Nutr.* 112:1281–1286.

Kendall, P.T., D.W. Holme, P.M. Smith, 1982. Comparative evaluation of net digestive and absorptive efficiency in dogs and cats fed a variety of contrasting diet types. *J. Small Anim. Pract.* 23:577–587.

Kendall, P.T., 1984. *Fats in Animal Nutrition*. London, Butterworths. The Use of Fat in Dog and Cat Diets, 383-404.

Kil, D.Y., T. E. Sauber, D.B. Jones, H.H. Stein, 2010. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral detergent fiber on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2959–2967.

King, D.A., Behrends, J.M., Jenschke, B.E., Rhoades, R.D., Smith, S.B., 2004. Positional distribution of fatty acids in triacylglycerols from subcutaneous adipose tissue of pigs fed diets enriched with conjugated linoleic acid, corn oil, or beef tallow. *Meat Sci.* 67, 675-681.

Laflamme, D.P. 2005. Nutrition for aging cats and dogs and the importance

of body condition. *Veterinary Clinical Small Animal*, v.35, p. 713–742.

Larbier, M.; Leclercq, B. *Nutrition and feeding of poultry*. INRA: Nottingham University Press, 1994. 350p.

Lloyd, L.E., C.M. Mccay, 1954. The utilization of nutrients by dogs of different ages. *J. Gerontol.* 10:182–187.

Lee, J.W., Mckeith, F.K., Stein, H.H., 2012. Up to 30% corn germ may be included in diets fed to growing-finishing pigs without affecting pig growth performance, carcass composition, or pork fat quality. *J. Anim. Sci.* 90, 4933–4942. doi:10.2527/jas.2012-5129

Malo, C.R.K. Buddington, 2000. Development and adaptation of hydrolytic and absorptive functions of the canine small intestine. In: Reinhart, G. A.; Carey, D. P., *Recent Advances in Canine and Feline Nutrition, Vol. II: 1998 Iams Nutrition Symposium Proceedings*. Orange Frazer Press, Wilmington, 195– 211.

Marx, F.R., Trevizan, L., Ahlstrøm, Ø., 2015. Soybean oil and beef tallow in dry extruded diets for adult dogs. *Arch. Anim. Nutr.* 69, 297-309.

Marx, F.R., L. Trevizan, F.M.O.B. Saad, K.G. Lisenko, J.S. Reis, A. M. Kessler, A.M., 2017. Endogenous fat loss and true total tract digestibility of poultry fat in adult dogs, *Journal of Animal Science*, v. 95:7, p. 2928 – 2935.

Matterson, L.D., et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965, 11p. (Research Report, 7).

Meyer, B., Spier, E. & Neuwelt. F. 1940. Basal secretion of digestive enzymes in old age. *Archives of Internal Medicine*, V. 65, p. 171-177.

Meyer H., E. Kienzle, 1991. *Dietary protein and carbohydrates: Relationship to clinical disease*, Purina International Nutrition Symposia, Orlando, Florida.

Moreira, I., Ribeiro, C.R., Furlan, A.C., Scapinello, C., Kutschenko, M., 2002. Utilização do Farelo de Germe de Milho Desengordurado na Alimentação de Suínos em Crescimento e Terminação – Digestibilidade e Desempenho 1 Utilization of Defatted Corn Germ Meal on Growing-Finishing Pigs Feeding – Digestibility and Performance 2238–2246.

Niewold, T.A., Schroyen, M., Geens, M.M., Verhelst, R.S.B., Courtin, C.M., 2012. Dietary inclusion of arabinoxylan oligosaccharides (AXOS) down regulates mucosal responses to a bacterial challenge in a piglet model. *J. Funct. Foods* 4, 626–635. doi:10.1016/j.jff.2012.04.002

Norcia, L.N., Lundberg, W.O., 1954. Fat excretion. The influence of dietary fat on fecal fat excretion, 54:491-508.

NRC, 2006. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academies Press, Washington, CD, USA.

Pacheco, G.F.E., Marcolla, C.S., Machado, G.S., Kessler, A.M., Trevizan, L., 2014. Effect of full-fat rice bran on palatability and digestibility of diets supplemented with enzymes in adult dogs. *J. Anim. Sci.* 92, 4598–4606. doi:10.2527/jas2013-7137

Peachey SE, J.M. Dawson, E.J. Harper, 1999. The effect of ageing on nutrient digestibility by cats fed beef tallow, sunflower oil, or olive oil-enriched diets. *Growth Dev. Aging* 63:61–70.

Pontieri, C.F.F., 2008. Avaliação nutricional de diferentes fontes de gordura e o uso de lecitina em alimentos extrusadas para gatos. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 98p.

Rainbird, A L. 1988. A balanced diet. Dog and cat nutrition. 2nd ed, Oxford: Pergamon Press, 57-74.

Rezende Junior, T., Rezende, A.S.C., Lacerda Junior, O.V., Bretas, M., Lana, A., Moura, R.S., Resende, H.C., L., 2004. Efeito do nível de óleo de milho adicionado à dieta de eqüinos sobre a digestibilidade dos nutrientes. *Ar. Bras. Med. Vet. Zootec.* 56, 69-73.

Ricketts J, Brannon PM., 1994. Amount and type of dietary fat regulate pancreatic lipase expression in rats. *J Nutr.* 124, 1166-1171.

Roediger, W.E.W. The effect of bacterial metabolism on the nutrition and function of the colon mucosa: a symbiosis between man and bacteria. In: H. Goebbel; H. Kaspar; Colon and nutrition. 1. Ed. Lancaster: M.T.P. Press, 1982, p.11-26.

Romsos, D.R., Belo, P.S., Bennink, M.R., Bergen, W.G., Leveille, A., 1976. Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. *J. Nut.*, 1452-1464.

Romsos, D. R., M.J. Hornshus, G.A. Leveille, 1978. Influence of dietary fat and carbohydrate on food intake, body weight and body fat of adult dogs. *Proc. Soc. Expl. Biol. Med.* 157:278 - 281.

Sabchuk, T.T., Lowndes, F.G., Scheraiber, M., Silva, L.P., Félix, A.P., Oliveira, S.G., 2017. Effect of soya hulls on diet digestibility, palatability, and intestinal gas production in dogs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 225, 134–142.

Sauer, W.C., et al. 2000. Methods for measuring ileal amino acid digestibility in pigs. In: D'Mello, J. P. F. (Ed.) *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CAB International, New York, p.279-306.

Silva, J.R., Sabchuk, T.T., Lima, D.C., Félix, A.P., Maiorka, A., Oliveira, S.G., 2016. Use of distillers dried grains with solubles (DDGS), with and without xylanase, in dog food. *Anim. Feed Sci. Technol.* 220, 136–142. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.08.001

Sperry WM. 1926. Lipid excretion: III. Further studies of the quantitative relations of the fecal lipids. *The Journal of Biological Chemistry.* 68:357-383.

Spiehs, M.J., Whitney, M.H., Shurson, G.C., 2002. Nutrient data base for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80, 2639–2645.

Swanson, K.S., et al. 2004. Diet affects nutrient digestibility, hematology, and serum chemistry of senior and weanling dogs. *Journal of Animal Science*, v.82, p.1713– 1724.

Swenson, M. J. *Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos*. Rio de Janeiro, Guanabara, 10th ed. 1996.

Tavoloni, N., M.J.T. Jones, P.D. Berk, P.D., 1985. Postnatal development of bile secretory physiology in dogs. *J. Pedtr. Gastroenterol. Nutr.* 4:256–267.

Taylor, E.J., et al. 1995. Some nutritional aspects of ageing in dogs and cats.

Proceedings of the Nutrition Society, v.54, p.645-656.

Twomey, L.N., Pluske, J.R., Rowe, J.B., Choct, M., Brown, W., McConnell, M.F., Pethick, D.W., 2003. The effects of increasing levels of soluble non-starch polysaccharides and inclusion of feed enzymes in dog diets on faecal quality and digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108, 71–82. doi:10.1016/S0377-8401(03)00161-5

Twomey, L.N., Pluske, J.R., Rowe, J.B., Choct, M., Brown, W., Pethick, D.W., 2003. The replacement value of sorghum and maize with or without supplemental enzymes for rice in extruded dog foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 108, 61–69. doi:10.1016/S0377-8401(03)00168-8.

Vanderhoof, J. a, 1998. Immunonutrition: the role of carbohydrates. *Nutrition* 14, 595–8.

Vander Pol, K.J., Luebke, M.K., Crawford, G.I., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn

Villamide, M.J. 1996. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. *Animal feed Science and Technology*, 57: 211- 23.

Villamide, M.J., et al. 1998. Feed Evaluation. In: De Blas, C. & Wiseman, J. (Eds.), *The nutrition of the rabbit*, CAB Publishing, p.80-101.

Walter, M., Silva, L.P., Emanuelli, T. 2005. Amido resistente: características físico- químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. *Ciência Rural*, v.35, n.4, p.974-980.

Weber, M., et al. 2003. Influence of age and body size on the digestibility of a dry expanded diet in dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.87, p.21–31.

Weber, T.E., Trabue, S.L., Ziemer, C.J., Kerr, B.J., 2010. Evaluation of elevated dietary corn fiber from corn germ meal in growing female pigs. *J. Anim. Sci.* 88, 192–201. doi:10.2527/jas.2009-1896.

Yamka, R.M., Kitts, S.E., True, A.D., Harmon, D.L., 2004. Evaluation of maize gluten meal as a protein source in canine foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* 116, 239–248. doi:10.1016/j.anifeedsci.2004.06.007

Zhang, Y., CAUPERT. 2012. Survey of mycotoxins in US distiller s dried grains with solubles from 2009 to 2011. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.60, p.539-545.

VITA

Tabyta Tamara Sabchuk, natural de Curitiba - PR, filha de Angela Sabchuk e Glaucio Sabchuk, nasceu em 25/05/1987.

Cursou o ensino fundamental no Colégio Nossa Senhora Auxiliadora (Cascavel – PR) e ensino médio no Colégio Pitágoras, em Curitiba – PR. Em 2007 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná. Desenvolveu atividade de Iniciação Científica com ênfase em Avaliação de alimentos para animais monogástricos e nutrição de cães e gatos. Foi bolsista CNPQ e bolsa permanência – UFPR. Obteve o grau de Bacharel em Zootecnia no ano de 2012.

No mesmo ano, 2012, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, da Universidade Federal do Paraná, sob orientação da Professora Simone

G. de Oliveira. Durante esse período recebeu bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Desenvolveu o projeto na área de Nutrição de cães e gatos, intitulado Fontes de fibras na nutrição de cães. Obteve o título de mestre em Ciências Veterinárias no ano de 2014.

Ingressou no ano de 2014 no nível de Doutorado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Paraná, sob orientação da Professora Simone G. de Oliveira. O seu projeto de doutorado foi relacionado com a avaliação de co-produtos do milho e perdas endógenas da gordura para cães. Foi bolsista CAPES durante o período 2014-2017.

Durante o período Setembro de 2015 a Agosto de 2016 participou do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior – CAPES, na Universidade de Nebraska -Estados Unidos, sob orientação da Dra. Andreia Bianchini. Neste período participou de pesquisas relacionadas ao controle de qualidade e análises de micotoxinas. Realizou experimentos avaliando processos térmicos e a redução de aflatoxina B1, co-produtos do DDGS produzidos por esse processo, e avaliou utilizando metodologias *in vitro* a digestibilidade e fermentação, estimando a produção de ácidos graxos de cadeia curta e microbiota.